Ph.
2342.
~~Physic. gen. 133.~~
Phys. g. 147.
Physica. Systemata & methodi 190.
R

Grundriß
der
Naturlehre

von

Friedrich Albrecht Carl Gren,
Profeſſor zu Halle.

Mit funfzehn Kupfertafeln.

Dritte ganz umgearbeitete Auflage.

Halle,
bey Hemmerde und Schwetſchke.
1797.

Bayerische
Staatsbibliothek
München

Dem

Herrn

D. L. G. Karſten,

Königlich-Preußiſchen Oberbergrathe
zu Berlin,

widmet

dieſes Lehrbuch

als

einen öffentlichen Beweis

ſeiner

Hochachtung und Freundſchaft

der Verfaſſer.

Vorrede.

Die Fortſchritte, welche die Experimentalnaturlehre ſeit der erſten, und ſelbſt ſeit der zweyten, Ausgabe dieſes Buchs gemacht hat; die Entdeckung vieler neuen Thatſachen in dieſem Zeitraume; die Berichtigung mehrerer Lehren, und die Menge neuer Anſichten, zu welchen in dem Gebiete dieſer Wiſſenſchaft der vereinigte Fleiß ſo vieler Naturforſcher des In- und Auslandes Gelegenheit gegeben hat, machte es mir zur Pflicht, dieſe Ausgabe ganz umzuarbeiten. Die Veränderungen, die ſie dadurch erlitten hat, ſind von der Beſchaffenheit, daß ſie als ein ganz neues Werk angeſehen werden kann. Es wäre keinesweges genug geweſen, neue Entdeckungen bloß in Anmerkungen hier und da einzuſchalten;

es

es mußten ältere, nicht weiter haltbare, Theorien ganz aufgeopfert, viele Lehrmeinungen ganz umgearbeitet werden, wodurch denn Form und Materie des Buchs durchaus eine Veränderung erlitt. Ich habe keinen Fleiß geſpart, um das Werk in Hinſicht der Materien ſo vollſtändig als möglich zu machen, und eine Ueberſicht alles Wiſſenswürdigen in dem Gebiete der Naturlehre zu geben; und ich darf mir ſchmeicheln, darin keinem meiner Vorgänger nachzuſtehen. Die neue Ordnung, in welcher ich die einzelnen Lehren geſtellt habe, gewährt nicht nur eine natürliche Verknüpfung derſelben, ſondern erleichtert auch die Ueberſicht des Ganzen, welches bey der Menge von Thatſachen gewiß ein nothwendiges Erforderniß iſt. Kenner werden übrigens bald finden, daß ich nicht bloß das Alte und Neue geſammelt habe, ſondern daß viele Sätze mir eigenthümlich zugehören.

Der erſte Theil, welcher die allgemeine Naturlehre enthält, hat ſehr beträchtliche Abänderungen und Zuſätze. Im erſten Hauptſtücke deſſelben trage ich die metaphyſiſche Naturlehre vor, die mit Recht den übrigen Theilen

der

der Phyſik vorangehen muß. Es iſt in der That unverzeihlich, die Aufklärungen, welche die kritiſche Philoſophie hier verſchafft hat, zu ignoriren. Die Gründe derſelben für das dynamiſche und gegen das atomiſtiſche Syſtem beſtimmten meine Ueberzeugung für das erſtere; doch trage ich auch das letztere zugleich vor. Ich habe in dieſem Abſchnitte ganz auf Kants metaphyſiſche Anfangsgründe der Naturwiſſenſchaft gebauet; ich brauchte aber nicht die Ordnung zu befolgen, wie er bey der erſten Begründung ſeines Syſtems thun mußte, nämlich den Begriff der Materie nach den Momenten der Kategorien durchzuführen. Die ganze reine Bewegungslehre gehört mit Recht zu dieſem Abſchnitte, da ſie die Materie bloß als beweglich, ohne andere empiriſche Eigenſchaften derſelben, zum Grunde legt. Die Behauptungen, welche der ſel. Geyler gegen die Sätze von Trägheit, Maſſe und Widerſtand gemacht hat, gründen ſich auf einen bloßen Mißverſtand, der freylich ſehr allgemein iſt. Ich habe es für unnöthig gehalten, mich auf eine detaillirte Widerlegung derſelben, die mir ſehr leicht geworden ſeyn würde,

einzulaſſen. Unbefangene Kenner werden ſehr leicht ſelbſt entſcheiden können; und für dieſe iſt das, was ich beym § 62 geſagt habe, hinlänglich, ihr Urtheil zu beſtimmen. Im zweyten Hauptſtücke handle ich von den Grundſtoffen der Körper, die wir durch die neuere Chemie kennen, freylich nur vorerſt im Allgemeinen; und dann von den Formen, worin uns die Materien unſerer Welt erſcheinen. Ich leite dieſe Formen von den verſchiedenen wechſelſeitigen Verhältniſſen der beyden Grundkräfte der Materie bey den ſpecifiſch verſchiedenen Arten derſelben ab. Die Lehre von der Kryſtalliſation fand hier ihren Platz. Die mannigfaltigen Phänomene der Cohärenz ſtehen ebenfalls damit im Zuſammenhange, die wiederum auf die Lehren von den chemiſchen Verwandtſchaften führen. Die chemiſche Auflöſung iſt kein geringer Beweis für das dynamiſche Syſtem. Um eines neuern Sophiſten in der phyſiſchen Chemie willen, hätte ich wohl näher darauf hinzeigen ſollen, (ob es gleich von ſelbſt aus dem Geſagten fließt,) daß die Kraft, welche das Anhängen liquider Materien an feſte bewirkt, von der, welche

che die Auflöſung feſter in liquiden hervorbringt, nur dem Grade nach verſchieden iſt. Im erſtern Falle nämlich iſt die Anziehung zwiſchen den Theilen des feſten und liquiden Stoffes nur größer, als zwiſchen den Theilen des letztern allein; im andern Falle iſt ſie hingegen größer, als die Summe der reſpectiven Anziehungen zwiſchen den Theilen des liquiden Stoffes unter ſich, und zwiſchen den Theilen des feſten Stoffes unter ſich. Im dritten Hauptſtücke handle ich die Phänomene der Schwere im Allgemeinen ab, die alle Körper, in ſo fern ſie ſchwer ſind, und ohne Rückſicht auf ihre Form, ob ſie nämlich feſt, liquid oder expanſibel ſind, zeigen. Dahin gehört die Lehre vom freyen Falle, vom Falle auf der ſchiefen Ebene, von den Pendelſchwingungen, von der Wurfbewegung, von der Centralbewegung ſchwerer Körper. Das vierte Hauptſtück enthält die Phänomene ſchwerer feſter Körper, und begreift die Lehre vom Schwerpuncte feſter Körper, vom Gleichgewichte derſelben, und von ihrem Stoße. Im fünften Hauptſtücke ſind die Phänomene ſchwerer liquider Körper vorgetragen; oder

es

es enthält den hydroſtatiſchen Theil der Naturlehre. Die Tabelle über die eigenthümlichen Gewichte (S. 242) habe ich ſo vollſtändig als möglich zu machen geſucht. Das ſechste Hauptſtück, von den Phänomenen ſchwerer expanſibeler Flüſſigkeiten, iſt ganz neu hinzugekommen. In den vorigen Ausgaben waren die Lehren vom Drucke der Luft, der von ihrer Schwere und ihrer Elaſticität abhängt, in der beſondern Naturlehre, unter dem Abſchnitte von der Luft, abgehandelt worden; allein die Geſetze des Druckes und Gleichgewichts der atmoſphäriſchen Luft kommen allen ſchweren expanſibelen Flüſſigkeiten, allen Gasarten und Dämpfen, zu. Sie gehören alſo in die allgemeine Naturlehre, indem man das Wort: Luft, hier im generiſchen Sinne nehmen kann. Der Abſchnitt von der Luft fällt in der beſondern Naturlehre nun weg; denn die Lehre von der Gasbildung im Allgemeinen, und von dem Einfluſſe der Wärme auf Elaſticität der Luft, iſt beym Wärmeſtoffe abgehandelt; die Unterſuchungen über die ſpecifiſche Natur der einzelnen Gasarten aber ſind zerſtreuet bey der Betrachtung der ponderabelen einfachen

Stoffe,

Stoffe, die ihre reſpectiven Grundlagen ausmachen, im zweyten Theile angeſtellt worden. Ein Syſtem der Naturlehre ſoll ja kein Wörterbuch derſelben ſeyn. Die Lehren vom Schalle und Tone, die ſonſt auch in der beſondern Naturlehre, und zwar bey dem Artikel: Luft, ſtanden, machen jetzt in der allgemeinen Naturlehre das ſiebente Hauptſtück, das die Schwingungsbewegungen ſchallender und klingender Körper begreift. Die Luft iſt nicht der einzige, urſprünglich ſchallende Körper, ob ſie gleich ein gemeines Fortpflanzungsmittel des Schalles iſt. Die eigenthümlichen Schwingungsbewegungen beym Schalle und Klange kommen allen contractilen und elaſtiſchen Körpern zu; ſie gehören folglich für die allgemeine Naturlehre. Ich habe dieſem Abſchnitte das Wichtigſte aus den vortrefflichen Chladni'ſchen Erfahrungen über die Schwingungsknoten und Klangfiguren einverleibt.

Der zweyte Theil oder die beſondere Naturlehre hat im Ganzen noch beträchtlichere Umänderungen erlitten, als der erſtere. Er iſt bloß der Unterſuchung der ſpecifiſch verſchiedenen einfachen

fachen Stoffe und ihrer Verhältniſſe unter einander, gewidmet. Der erſte Abſchnitt handelt vom Wärmeſtoffe. Er hat durchaus beträchtliche Zuſätze und nähere Beſtimmungen erhalten. Ich habe es nicht für nöthig geachtet, auf das, was Herr Scherer neuerlich gegen das Daſeyn eines materiellen Wärmeſtoffes vorgebracht hat, Rückſicht zu nehmen. Ein gewiſſer Grad von Skepticismus iſt zwar der Wiſſenſchaft vortheilhaft; aber der Pyrrhonismus iſt der Tod aller wahren Naturforſchung. Das zweyte Hauptſtück begreift das Licht. Die photometriſchen Unterſuchungen des Herrn Grafen von Rumford, die neuen Entdeckungen in der Anatomie des Auges, ſind gehörigen Orts eingeſchaltet, und die Gründe, worauf die Einrichtung achromatiſcher Fernröhre beruhet, mehr entwickelt worden. Ganz neu ſind die nähern Unterſuchungen über die Miſchung und Entwickelung des Lichts und ſeine Verbindung mit Wärmeſtoff. Bey unparteyiſchen und wahrheitsliebenden Forſchern, die auf die Sache und nicht auf Namen ſehen, brauche ich mich wohl nicht zu entſchuldigen, daß ich nach Herrn Richter hier

noch

noch den Namen: Brennſtoff, brauche. Diejenigen aber, welche Namen und Sache als altfränkiſch und deshalb verwerfen, weil es neufränkiſche Chemiſten von Anſehen thun, werden ſich vielleicht beruhigen, wenn ich ihnen ſage, daß das Syſtem, welches ich befolge, noch neuer iſt, als das neufränkiſche. Im **dritten Hauptſtücke** ſind die ſchweren einfachen Stoffe, ihre Verbindungen und wechſelſeitigen Verhältniſſe abgehandelt. Dieſer Abſchnitt enthält die ganze phyſiſche Chemie. Ich eröffne die Unterſuchungen darüber mit der Lehre vom Verbrennen, und ſetze dadurch dieſen Abſchnitt mit den vorigen in genauen Zuſammenhang. Das vorige Syſtem der Chemie habe ich ganz aufgegeben; man wird jetzt alle Thatſachen des antiphlogiſtiſchen Syſtems zum Grunde gelegt finden, deſſen Lücken aber durch die neue Lehre vom Brennſtoffe ergänzt ſind. Das **vierte Hauptſtück**, von der electriſchen Materie, iſt ganz umgearbeitet. Die Gründe, welche ich § 1315. angeführt habe, haben mich für das Frankliniſche Syſtem beſtimmt, das ich in den vorigen Ausgaben nur kurz berührt hatte. Indeſſen ha-

be

be ich die Erklärungen aller hauptſächlichen Phänomene der Electricität auch nach dem dualiſtiſchen Syſteme vollſtändig mitgetheilt. Die Erſcheinungen der ſo genannten thieriſchen Electricität habe ich jetzt ſo umſtändlich vorgetragen, als es der Zweck des Buchs erlaubte. Sie ſind nunmehr durch die ſcharfſinnigen Unterſuchungen des Herrn **Volta**, wie ich glaube, völlig aufgeklärt, und für die Lehre von der Electricität kein geringer Zuwachs. Meine Theorie über die Natur und das Weſen der electriſchen Materie empfehle ich den Kennern vorzüglich zur Prüfung und nähern Beurtheilung; ich bitte aber dabey auf den Zuſammenhang derſelben mit der Theorie von der Natur des Lichts im zweyten Abſchnitte die nöthige Rückſicht zu nehmen. Im fünften Hauptſtücke, von der magnetiſchen Materie, ſind die ſeit der letztern Ausgabe mir bekannt gewordenen neuen Entdeckungen nachgetragen; dagegen iſt keine Theorie des Magnetismus beygefügt worden, weil jede bekannte unzulänglich iſt, und jede neue hinzugekommene Thatſache jede vorige Theorie bisher umgeſtoßen hat.

Man

Man wird den letzten Abſchnitt der vorigen Ausgaben in dieſer ganz vermiſſen; allein ich habe mir vorgenommen, in einem beſondern Bande die ſpecielle Betrachtung unſeres Erdkörpers in aſtronomiſcher, geologiſcher und meteorologiſcher Beziehung näher abzuhandeln. Bey den Fortſchritten, welche die Experimentalwiſſenſchaften glücklicher Weiſe machen, wird ihr Umfang immer größer; aber es darf der Wiſſenſchaft wohl nicht zum Vorwurfe gereichen, daß zu ihrem, einiger Maßen vollſtändigen, Lehrvortrage der halbjährige Curſus nun nicht mehr hinreichend bleibt.

Uebrigens habe ich mich bemühet, in meinem Buche die Mittelſtraße zwiſchen einem kurzen aphoriſtiſchen Vortrage und einem ausführlichen Discours zu halten, die nöthigen Verſuche mit Deutlichkeit zu beſchreiben, die Erklärungen mit Beſtimmtheit zu geben, und beſonders die Geſetze, wornach die Wirkungen geſchehen, herauszuheben. Da, wo der compendiariſche Zweck des Buchs keine nähere Beſchreibung der Werkzeuge und Verſuche verſtattete, habe ich die nöthigen litterariſchen Nachweiſungen gegeben.

ben. Ueberall wird man mein Beſtreben, dem Werke mehrere Vollkommenheit zu verſchaffen, bey Vergleichung mit der letztern Ausgabe wahrnehmen können. Halle, den 8ten May 1797.

F. A. C. Gren.

Druck- und Schreibfehler.

Seite 24, §. 31, Zeile 3 und 4 ſtatt einander lies gegen einander
S. 44, Z. 17 ſt. Zeiten l. Geſchwindigkeiten.
S. 49, §. 80, Z. 8 ſt. Qualität l. Quantität.
S. 64, Z. 4 ſt. AB l. Ab.
S. 78, §. 122, Z. 9 ſt. torpfbar l. tropfbar
S. 267, Z. 8 l.. längern l. kürzern
S. 282, Z. 8 ſt. CB zu CE l. CE zu CB.
S. 531, Z. 1 ſt. aus der Luft l. aus dem Glaſe in die Luft
S. 656, §. 1033, Z. 2 ſt. antiphlogiſtiſchen l. phlogiſtiſchen

Grundriß der Naturlehre.

Einleitung.

§. 1.

Natur heißt der Inbegriff der Kräfte eines Dinges.

Rob. Boyle tr. de ipſa natura, ſive libera in receptam naturae notionem disquiſitio. Genev. 1688. 4. und in der lateiniſchen Ueberſetzung ſeiner Operum, eb.

Sonſt verſteht man auch unter dem Worte, Natur, die erſte Grundurſach der Erſcheinungen in der Welt, oder die hervorbringende Urſach der Dinge und ihrer Wirkungen, und darauf beziehen ſich die Ausdrücke: die Natur bringt hervor, die Natur thut dies und jenes, u. ſ. w. Dies war die *Natura naturans* der Scholaſtiker. Ferner braucht man das Wort, Natur, auch für den Inbegriff aller materiellen Dinge, oder gleichbedeutend mit dem Worte, Welt; und darauf beziehen ſich die Redensarten: Man trifft in der ganzen Natur dies und das nicht an, u. d. m. In dieſem Sinne iſt es die *Natura naturata* der Scholaſtiker.

Natürlich, künſtlich, unnatürlich (praeter naturam), widernatürlich (contra naturam), und wunderbar. Bedeutung und Unterſchied dieſer Worte.

§. 2. Kraft nennen wir jede Urſach der Veränderung des Zuſtandes eines Dinges oder der Dinge.

§. 3. Für uns iſt keine andere Veränderung des Zuſtandes der Dinge gedenkbar, als die ihr räumliches Verhältniß betrifft; folglich ſind Kräfte Urſachen der Aenderung des räumlichen Verhältniſſes der Dinge, entweder unter einander oder in ihren

Theilen; oder mit andern Worten, **Kraft iſt**, was Bewegung hervorbringt, oder hemmt.

§. 4. **Naturwiſſenſchaft** oder **Naturlehre** (Phyſica), im weitläufigſten Sinne des Worts, iſt demnach die Wiſſenſchaft von den Urſachen der Veränderung des Zuſtandes der Dinge. Wir ſchränken ſie indeſſen nur auf Gegenſtände der äußern Sinne, oder auf materielle Dinge ein.

§. 5. Wir nennen die Veränderungen, die ſich in Anſehung des Zuſtandes der Dinge der Sinnenwelt zutragen, **Naturbegebenheiten** oder **Erſcheinungen** (Phaenomena). Die Urſachen derſelben aufzuſuchen und anzugeben, iſt eben der Zweck der Naturlehre (§. 4.).

§. 6. Dieſe **rationelle Naturlehre** ſetzt die **hiſtoriſche** voraus, welche die Aufzählung der Gegenſtände der Sinnenwelt zum Zweck hat, die weſentlichen Kennzeichen, durch welche ſich die natürlichen Körper von einander unterſcheiden, angiebt, und ſich mit ihrer ſyſtematiſchen Klaſſification beſchäftigt. Man nennt die letztere, **Naturgeſchichte** (Hiſtoria naturalis), und unterſcheidet ſie noch von der **Geſchichte der Natur**, welche die Veränderungen, die unſere Sinnenwelt erlitten hat, erzählt, wovon wir aber nur Bruchſtücke beſitzen.

Man ſchränkt, wegen des weitläufigen Umfanges, die Naturlehre nur auf die ſogenannte todte Natur ein, mit Ausſchluß der Phänomene des Lebens organiſcher Körper, die man in der Phyſiologie abhandelt.

§. 7. Die Naturlehre erklärt die Naturbegebenheiten (§. 5.), wenn ſie die Urſachen derſelben angiebt.

§. 8. Bey dieſen Entwickelungen der Urſachen von den Naturbegebenheiten kommt ſie endlich auf ſolche zurück, die nicht mehr ein Gegenſtand unſerer ſinnlichen Wahrnehmung ſind, und die daher außer den Gränzen unſerer Erkenntniß liegen. Sie muß bey dieſen Urſachen, als **Grundkräften**, ſtehen bleiben, wozu ſie die Schranken unſerer Erfahrungserkenntniß berechtigen. Von dieſen letzten Urſachen kennen wir nur die Wirkungen, nicht die wirkende Urſach an ſich. Alle Speculationen und alles Dogmatiſiren über dieſe letzten Grundurſachen hat die Wiſſenſchaft nicht im mindeſten gefördert; und wenn es auch gleich möglich, und ſogar auch wahrſcheinlich ſeyn möchte, daß die, welche wir für Grundurſachen halten, noch zuſammengeſetzt ſeyn können, ſo müſſen wir uns doch bey ihnen beruhigen, ſo lange uns zu ihrer Zergliederung alle Erfahrung verläßt.

Das Aufſteigen des Waſſers in dem Stiefel der Saugpumpe iſt eine Naturbegebenheit (nach §. 5.). Sie wird erklärt durch den Druck der Luft; denn in dieſem liegt der zureichende Grund dieſer Veränderung. Die Luft ſelbſt aber drückt durch die Schwere ihrer Theile, und die Urſach dieſer Schwere, oder die Schwerkraft, liegt außer den Gränzen unſerer ſinnlichen Wahrnehmung. Wir bleiben daher bey ihr, als einer Grundurſach, oder einer Grundkraft ſtehen, deren Wirkung wir nur erfahren, die wir aber an ſich ſelbſt nicht erkennen können.

§. 9. Alle Naturbegebenheiten geſchehen nach gewiſſen und unabänderlichen Regeln in der Körperwelt, und die Wirkungen erfolgen immer auf einerley Art, wenn ſich die Körper in einerley Umſtänden befinden. Die Beſtimmungen dieſes beſtändigen Erfolgs der Wirkungen bey Körpern unter einerley Umſtänden nennt man **Naturgeſetze** (Leges naturae). Sie ſind

freylich nur Folgerungen, welche **wir** aus den Wirkungen der Körper ziehen, oder Geſetze, welche wir in die Körperwelt eintragen. Nur die Wirkungen ſind in der Natur, die Geſetze dazu legt unſer Verſtand hinein. Die Kenntniß dieſer Naturgeſetze iſt indeſſen für uns von der größeſten Wichtigkeit und vom größeſten Nutzen. Sie verſchaffen uns eine allgemeinere Ueberſicht der Phänomene, bringen Einheit in unſere Vorſtellungen, und belehren uns von dem, was geſchehen kann und wird, oder nicht wird, wenn dieſe oder jene Umſtände eintreten. Indeſſen muß man zugeben, daß, wenn man die Naturbegebenheiten auf allgemeinere Naturgeſetze zurückführt, dies noch nicht dieſelben erklären (§. 7.) heißt; oder daß Kenntniß der Naturgeſetze noch nicht Kenntniß aus Urſachen iſt. Beide thun aber auch einander keinen Eintrag, und es bleibt dem ohngeachtet wahr, daß die Kenntniß der Geſetze der Natur mehr werth iſt, als Erklärungen aus Hypotheſen, und daß wir in ſehr vielen Fällen beſſer thun, uns erſt um dieſe Geſetze zu bekümmern, ehe wir es wagen dürfen, nach den Urſachen zu forſchen. Der Nutzen der Kenntniß der Naturgeſetze fließt aus ihrer Allgemeinheit und Beſtändigkeit.

Als Beyſpiele zur Erläuterung dienen hier: die Zeit des Trächtigſeyns der Thiere; das Geſetz der Brechung des Lichts; das Verhältniß, das hierbey zwiſchen dem Sinus des Einfallswinkels, und dem des gebrochenen Winkels Statt findet; das Geſetz des Falles der ſchweren Körper im leeren Mittel; das hydroſtatiſche Geſetz; das Reflexionsgeſetz; das Geſetz des Anziehens ungleichnamiger Pole des Magnets; des Abſtoßens gleichnamiger Pole deſſelben, u. d. m.

Beyſpiele des Nutzens für die Ausübung geben: die Anwendung des Geſetzes der Leitung der electriſchen Materie zu

Gewitter-

Gewitterableitern; die Anwendung der Kenntniß der Verwandtſchaftsgeſetze in der Chemie, u. a.

§. 10. Bey den Erklärungen der Naturbegebenheiten erforſcht die Naturlehre die Urſachen derſelben, welche den Grund von jenen in ſich enthalten, auf eine doppelte Weiſe, theils durch **Erfahrungen** (Experientiâ), theils durch **Folgerungen** und **Vernunftſchlüſſe** (Ratiocinio), die ſie aus den Erfahrungen zieht.

§. 11. Erfahrungen (§. 10.) heißen die Wahrnehmungen der Veränderungen an den Materien unſerer Welt durch unſere Sinne. Wir laſſen hiebey die Dinge entweder in dem Zuſtande, worin ſie ſich ohne unſer Zuthun befinden, und dann heißt die Erfahrung eine **Beobachtung** oder **Bemerkung** (Obſervatio); oder wir verändern dabey vorſetzlich ihren Zuſtand, und laſſen ſie bey veränderten Umſtänden andere Wirkungen äußern, die ſie für ſich ſelbſt nicht hervorgebracht haben würden; in dieſem Fall nennt man die Erfahrung einen **Verſuch** (Experimentum).

§. 12. Durch Verſuche lernen wir Wirkungen und Kräfte der Dinge kennen, die wir durch bloße Beobachtungen vielleicht nie würden wahrgenommen haben, und dringen durch ſie tiefer in die Natur der Körper ein. Sie verleiten aber auch, zumal wenn ſie ſehr verwickelt ſind, viel leichter zu Irrthümern als bloße Beobachtungen. Mangel an Beobachtungen macht Verſuche nothwendig; aber die Verſuche müſſen auch auf Beobachtungen zurückführen, wenn ſie alle Phänomene unter einander verbinden, und die allgemeinſten

meinſten Urſachen entwickeln ſollen. Bey manchen Dingen iſt die Erfahrung durch Verſuche unmöglich.

§. 13. Die Mittel, durch welche wir Erfahrungen anſtellen, und die Veränderungen mit den Sinnen wahrnehmen, oder der Unvollkommenheit unſerer Sinne zu Hülfe kommen, heißen **Werkzeuge, Inſtrumente**. Man begreift ſie zuſammen unter dem Namen des **phyſiſchen Apparats** (Suppellex phyſica). Einfachheit, Genauigkeit und Reinlichkeit ſind nothwendige Erforderniſſe derſelben.

§. 14. Zur Anſtellung der Erfahrung wird eine gute Beſchaffenheit der Sinnorgane, die Anwendung mehrerer Sinne (wenn ſie Statt haben kann), Aufmerkſamkeit auf alle Umſtände, um nichts zu überſehen, die ſtrengſte Genauigkeit, Vorſicht, Mangel an Vorurtheil, Unpartenlichkeit, und endlich Vollkommenheit der Werkzeuge erfordert. Die Abänderung der Verſuche iſt von dem größten Nutzen, und ſchützt uns deſto ſicherer vor Irrthümern.

§. 15. Bloße Erfahrungen können keinen Nutzen haben, wenn nicht Folgerungen und Schlüſſe auf die Natur des unterſuchten oder wahrgenommenen Gegenſtandes daraus hergeleitet werden können. Der **Naturforſcher** muß daher auch aus den Erfahrungen, die über die Dinge angeſtellt worden ſind, durch richtige Schlüſſe die Natur der Körper beſtimmen und die Urſachen der Naturbegebenheiten entwickeln; dann aber auch ſeine Folgerungen durch Verſuche und Beobachtungen, auch unter abgeänderten Umſtänden,

zu

zu beſtätigen ſuchen. Er muß zuerſt die Kräfte der Stoffe analytiſch erforſchen, und dann aus ihrer Verbindung unter einander ſynthetiſch die Folgerungen machen, die zur Erklärung der Veränderungen und der Naturbegebenheiten dienen. Er verdient den Namen eines **Naturphiloſophen**, wenn er bey den Erklärungen der mannigfaltigen Naturbegebenheiten ſie bis auf die letzten Grundurſachen zurückführen kann.

Franc. Bac. de Verulamio de interpretatione naturae; in ſeinen *Operibus.* Lipſ. 1694. *fol.* S. 264 ff. *Torb. Bergmann* de indagando vero; in ſeinen *Opusc. phyſ.-chemic. Vol. I.* Holm. et Lipſ. 1779. 8. im *Introitu.* *J. Sennebier* l'art d'obſerver. à Génève 1775. T. I. II. Die Kunſt zu beobachten, von J. Sennebier, a. d. Fr. von Gmelin. Leipz. 1776. T. I. II. 8. *Carrard* art d' obſerver. à Amſterdam 1777. 8.

§. 16. Die Erklärungen, die weder auf Erfahrungen, noch auf richtigen Vernunftſchlüſſen beruhen, dürfen ſchlechterdings nicht Statt finden. Da wir aber bey den Erklärungen der Naturbegebenheiten nicht immer die wirkenden Urſachen ſinnlich wahrnehmen und unterſuchen können, ſo nöthigt uns in dieſem Falle die Befriedigung des Bedürfniſſes unſeres Geiſtes, eine Urſache im Voraus anzunehmen, aus der wir die beobachteten Wirkungen folgern. Dieſe Erklärungsart heißt die **hypothetiſche**, und iſt der **categoriſchen** entgegengeſetzt, wo man auf ſinnlich zu erweiſende Urſachen zurückgeht.

§. 17. Nur der Mißbrauch der Hypotheſen iſt verwerflich; der gehörige und kluge Gebrauch derſelben iſt oft nützlich. Sie geben nicht ſelten Gelegenheit zu neuen und abgeänderten Verſuchen, und bieten

ten

ten alſo Stoff zur Erweiterung unſerer Kenntniß und zur Erforſchung der Eigenſchaften der Körper dar; und es iſt nicht zu leugnen, daß ſie ſelbſt zur Erfindung der Wahrheit, und zur Vervollkommnung der Naturlehre beygetragen haben. Nur muß man bey der hypothetiſchen Erklärungsart zugeſtehen, daß ſie nichts weiter, als hypothetiſch iſt.

§. 18. Eine Hypotheſe muß, wenn ſie zur Erklärung zugelaſſen werden ſoll, auf Verſuchen oder Beobachtungen beruhen, zur vollſtändigen und ungezwungenen Erklärung der Naturbegebenheiten hinreichen, und keinem andern ausgemachten und allgemeinen Naturgeſetze widerſprechen. Dieſe Eigenſchaften beſtimmen ihre Wahrſcheinlichkeit, und dieſe ſteigt bis zur höchſten Stufe, wenn alle und jede Folgerungen daraus hergeleitet und die Unmöglichkeit einer jeden andern Vorausſetzung dargethan werden kann. Die **analogiſchen** Erklärungen ſind oft nützlich, aber ſehr leicht trügeriſch, und alſo nur mit der größten Vorſicht anzuwenden.

§. 19. Bey den Erklärungen ſind folgende Regeln (*Regulae Newtonianae*) zu beobachten: 1) **Keine andere Urſachen ſind für wahr zu halten, als welche zur ungezwungenſten, einfachſten und verſtändlichſten Erklärung einer Naturbegebenheit nothwendig und hinreichend ſind.** Die Urſachen aber ſind wahr, a) wenn ſie ſinnlich in der Natur zu erweiſen ſind, und es ausgemacht iſt, daß ſie bey der beobachteten Naturbegebenheit zugegen waren, alle

alle andere Urſachen aber dabey offenbar ausgeſchloſſen werden; b) wenn das Phänomen nicht bloß möglicher Weiſe, ſondern offenbar daraus fließt; c) wenn unter abgeänderten Umſtänden eben dieſelbige Urſach auch dieſelbigen Phänomene hervorbringt; und d) endlich, wenn bey der Wegnahme der Urſach das Phänomen wegfällt.

Erläuterung durch das Beyſpiel vom Aufſteigen des Waſſers vermittelſt des Drucks der Luft in Saugpumpen. *Petr. v. Muſchenbroek* introd. ad philoſ. nat. L. B. 1761. 4. §. XXXI.

§. 20. 2) **Wirkungen von einerley Art müſſen auch einerley Urſach zugeſchrieben werden.** Hierbey muß man ſich aber hüten, von der Aehnlichkeit und der Uebereinſtimmung gewiſſer Umſtände verſchiedener Phänomene auf die Identität ihrer Urſach zu ſchließen, und oft hält es ſchwer, das Zufällige, was die Aehnlichkeit macht, von dem Weſentlichen zu unterſcheiden.

Muſchenbroek a. a. O. §. XXXIV.

§. 21. 3) **Die Eigenſchaften der Körper, welche keiner Abänderung fähig ſind, und die man bey allen Körpern, mit denen man Verſuche anſtellen kann, antrifft, ſind für allgemeine Eigenſchaften der Körper zu halten.**

Muſchenbroek a. a. O. §. XXXV.

§. 22. 4) **Die aus den Phänomenen durch Induction geſammelten Sätze müſſen wir, ohngeachtet der entgegenſtehenden Hypotheſen, für völlig wahr, oder ſehr nahe für wahr halten, bis wir auf andere Phänomene treffen, durch die ſie entweder**

weder noch genauer gemacht, oder Ausnahmen unterworfen werden.

Muſchenbroek a. a. O. §. XXXVI.

Iſaac Newton Philoſoph. natural. princip. mathem. L. III.

§. 23. Zur philoſophiſchen Erklärung der natürlichen Begebenheiten und Wirkungen der Materie, wird außer der nöthigen hiſtoriſchen Kenntniß der Körper erfordert, daß man die ungleichartigen Beſtandtheile der Körper, und die einfachen Stoffe überhaupt, die Art und Weiſe ihrer Vereinigung, und ihre Verhältniſſe unter einander kennt; und dann endlich, daß man die Größe ihrer Kraft gehörig ermeſſen kann. Die **Naturgeſchichte**, die **Chemie**, und die **Mathematik** werden alſo die Grundlage, auf welche man das Gebäude der philoſophiſchen Naturlehre errichten muß.

§. 24. Auf dieſe Art wird dann die Naturlehre, ſo unvollkommen ſie auch noch iſt, zu der nützlichſten Wiſſenſchaft erhoben, die unſerm Verſtande Nahrung, und unſerm phyſiſchen Zuſtande Vortheil verſchaffen kann. Sie giebt die unverkennbarſten Fingerzeige von dem Daſeyn eines allmächtigen, weiſen und gütigen Weſens, reißt uns unwiderſtehlich zur Bewunderung deſſelben hin, und erhöhet unſern Glauben an daſſelbe; ſie macht uns näher mit uns ſelbſt bekannt; ſie lehrt uns die Körper kennen, deren wir uns täglich zu unſerm Unterhalte bedienen; ſie zeigt uns den Nutzen mehrerer für unſere Geſundheit, und lehrt uns den Nachtheil anderer für uns gehörig meiden; ſie giebt Mittel an die Hand, die natürlichen

Dinge zur Nothdurft und Bequemlichkeit des Lebens anzuwenden; ſie unterhält uns auf die angenehmſte Weiſe, und ſchafft Vergnügen; ſie zerſtört am kräftigſten die Feſſeln des Aberglaubens, ſchützt uns vor thörichten Folgen deſſelben; und endlich, (was kein unbeträchtlicher Nutzen iſt!) ſie führt uns eben ſo zur Demuth und Beſcheidenheit, und zeigt uns, daß unſer **Wiſſen höchſt eingeſchränkt** iſt, als ſie uns zur weitern Anſtrengung unſerer Verſtandeskräfte immer mehr und mehr ermuntert, und Gelegenheit darbietet.

§. 25. Da die Naturlehre eine **gemiſchte** Wiſſenſchaft iſt, ſo darf ihr Lehrvortrag ſich nicht bloß auf ſpeculative Betrachtungen einſchränken, ſondern er muß intuitive Kenntniſſe ertheilen, die Lehrſätze aus Erfahrungen herleiten und durch Verſuche beweiſen. Die richtige Verbindung der **empiriſchen** mit der ſpeculativen oder theoretiſchen **Phyſik** macht erſt das Lehrgebäude vollſtändig. Am nützlichſten ſcheint mir die Methode, nach welcher man bey dem Vortrage die Theorie mit den Verſuchen verwebt.

§. 26.

Geſchichte der Naturwiſſenſchaft.

Spuren phyſikaliſcher Wiſſenſchaften bey den Völkern des höchſten Alterthums, den **Hindus**, den **Babyloniern** oder **Chaldäern**, **Perſern**, und **Aegyptern**. — Data, als Beweiſe der wiſſenſchaftlichen phyſikaliſchen Kenntniſſe eines Volkes der Urwelt. Verfall dieſer Kenntniſſe bey den vorgenannten Völkern.

Wenige

Wenige Fortſchritte der Naturlehre bey den **Griechen**, und Hinderniſſe derſelben durch übertriebene Erklärungsſucht und Speculation, und Mangel an Experimentaluntersuchungen. **Thales** (um das J. d. W. 3400), **Pythagoras** (3475), **Democritus** (3500), **Plato** (3638), **Ariſtoteles** (3664), und die **Peripatetiker**; **Epikur** (3900). Stiftung der Schule zu **Alexandrien**. Große Vervollkommnung der **Mathematik** und **Aſtronomie** bey den Griechen in dieſer Schule: **Euklides** (300 J. vor C. G.), **Hipparchus** (160 J. vor C. G.), **Ptolomäus** (im 2. Jahrh. nach C. G.); **Archimedes** zu Syracus (250 J. vor C. G.).

Geringer Fortgang der wiſſenſchaftlichen Naturlehre bey den **Römern**. **Lucrez** (im 1. Jahrhundert vor C. G.), **Seneca** und **Plinius** der ältere (im 1. Jahrh. nach C. G.).

Verfall der Naturlehre und der Weltweisheit überhaupt beym wachſenden Verfall des römiſchen Reichs. **Kabbaliſtiſche** und **gnoſtiſche Philoſophie**. **Neuplatoniſche Philoſophie**. Myſtik. Alchemie.

Erhaltung und Bearbeitung mathematiſcher, aſtronomiſcher und chemiſcher Kenntniſſe bey den **Arabern** (vom 9. J. nach C. G. an).

Traurige Beſchaffenheit der Naturwiſſenſchaft in den abendländiſchen Reichen, vom Einfall der kriegeriſchen nördlichen Völker ins römiſche Reich im 5ten Jahrh. nach C. G. bis zur allmäligen Wiederherſtellung der Wiſſenſchaften im 15. Jahrh. Scholaſtiſche Philo-

Philoſophie. Einige wichtige practiſche Entdeckungen dieſes Zeitraums, des Compaſſes, der Brillen, des Schießpulvers. Fortſchritte einzelner mechaniſchen Künſte und Operationen. Albrecht der Große (im 13. Jahrh.), Flavio Giojas (im 14. Jahrh.).

Urſprung der Experimental-Phyſik. Schleunige Fortſchritte der wiſſenſchaftl. Kenntniß der Naturlehre: Nicol. Copernicus (geb. 1472, geſt. 1543); Tycho de Brahe (geb. 1546, geſt. 1601); Franz Baco von Verulam (geb. 1560, geſt. 1626); Galileo Galilei (geb. 1564, geſt. 1641); Joh. Kepler (geb. 1571, geſt. 1630); Peter Gaſſendi (geb. 1592, geſt. 1655); Willebrord Snellius (geb. 1591, geſt. 1626); Renat des Cartes (geb. 1596, geſt. 1650); Evangeliſta Torricelli (geb. 1618, geſt. 1647); Otto von Guerike (geb. 1602, geſt. 1686); Rob. Boyle (geb. 1626, geſt. 1691); Gottfr. Wilh. Leibnitz (geb. 1646, geſt. 1716); Iſaac Newton (geb. 1642, geſt. 1727).

Neuerer Zeitraum. Erweiterung der Lehre von der Electricität. Fortſchritte der Naturlehre durch Vervollkommnung der Chemie. Entdeckungen in der Lehre von der Luft und den expanſibeln Flüſſigkeiten. Verdienſte der Neuern; herrſchende Mängel; Hinderniſſe, die ihren Fortſchritten entgegen ſind.

Es fehlt uns noch eine ausführliche und zuſammenhängende Geſchichte der Naturwiſſenſchaft. Das Werk des Hrn. *de Loys: Abregé chronologique pour ſervir à l'hiſtoire de Phyſique,* à Strasbourg,

T. I — IV. 1786 — 89. 8. fängt erſt mit Galilei vom J. 1589 an; die Ordnung deſſelben iſt nicht muſterhaft, und die nöthige Critik wird oft vermißt.

§. 27.

Verzeichniß einiger phyſikaliſchen Schriften.

1) Syſteme und Lehrbücher.

1) *Iſaac Newtoni* philoſophiae naturalis principia mathematica. Lond. 1687. 4. 1726. 4.

Eadem perpetuis commentariis illuſtrata, ſtudio P. P. *Thomae le Sueur* et *Franc. Jacquier*. Genevae. T. I — IV. 1739. 4. 1750. 4.

Eadem commentationibus illuſtrata potiſſimum *Joannis Teſſanek* et quibusdam in locis veterioribus *Th. le Sueur* et *Fr. Jacquier* aliter propoſitis. T. I. Pragae 1780. 4.

2) Phyſices elementa mathematica, experimentis confirmata, auct. *Guil. Iac. S'Graveſande*. Leidae 1719. 4. 1744. T. I. II. 4 ed. 3a.

3) Chriſt. Wolfs Verſuch zu genauerer Kenntniß der Natur und Kunſt. Halle 1721 — 1723. B. I — III. 8.

4) *Petr. van Muſchenbroek* introductio ad philoſophiam naturalem. Lugd. Bat. 1762. T. I. II. gr. 4.

5) Leçons de Phyſique experimentale, par Mr. l'Abbé *Nollet*. à Paris 1743. u. f. T. I — VI. 8.

Des Herrn Abts J. A. Nollet Vorleſungen über die Experimentalnaturlehre. Aus d. Franz. Erf. 1749 — 1764. Th. 1 — 6. 8.

6) Joh. Andr. Segners Einleitung in die Naturlehre. Göttingen 1746. 8. 1754. 8. 1770. 8.

7) Praelectiones in Phyſicam theoreticam, conſcriptae a *Geo. Wolg. Krafft*. Tubing. 1750. 8. in Phyſicae partes mechanicas. P. II. 1751. 8. in Phyſicae partes opticas et his cognatas. P. III. 1754. 8.

8) Joh. Pet. Eberhards erſte Gründe der Naturlehre. Halle 1752. 8. 5te Auflage 1787. 8.

9) Com

9) Compendiaria phyſicae inſtitutio, quam in uſum auditorum elucubratus eſt P. *Mako*. Vindobonae. P. I. II. 1762. 8.

10) Inſtitutionum phyſicae pars I. ſeu phyſica generalis, conſcripta in uſum tironum a *Carolo Scherffer*. Vindobonae. 1763. P. II. ſeu phyſica particularis. ib. eod. 8.

11) Leçons de Phyſique experimentale, par M. *Sigaud de la Fond*. à Paris 1767. T. I. II. 12.

Anweiſung zur Experimental-Phyſik, a. d. Fr. des Hrn. Sigaud de la Fond. Dresden 1774. Th. I. II. gr. 8.

Ebendeſſelben Elémens de phyſique théorique et experimentale. à Paris 1777. T. I — IV. 8.

12) Anfangsgründe der Naturlehre, von Joh. Chriſt. Polyk. Erxleben. Göttingen 1772. 8. 1777. 8. mit Zuſätzen von G. C. Lichtenberg. 1784. 8. 1787. 8. 1791. 8. 1794. 8.

13) Wenzesl. Joh. Guſtav Karſten Anfangsgründe der Naturlehre. Halle 1780. 8. Zweyte Auflage von F. A. C. Gren. Halle 1790. 8.

14) Ebendeſſelben Anleitung zur gemeinnützlichen Kenntniß der Natur, Halle 1783. 8.

15) Ebendeſſelben kurzen Entwurf der Naturwiſſenſchaft. Halle 1785. 8.

16) *T. G. Kratzenſteins* Vorleſungen über die Experimentalphyſik. 6. Auflage. Kopenhagen 1787. 8.

17) Elémens de Phyſique en forme de Tables, par M. *Schurer*. à Strasbourg 1786. 8. T. I.

18) *I. H. van Swinden* poſitiones phyſicae. Harderovici T. I. 1786. T. II. 1787. gr. 8.

19) Grundlage zu meinen Vorleſungen über die Experimentalphyſik, von Marcus Herz. Berlin 1787. 8.

20) Metaphyſiſche Anfangsgründe der Naturwiſſenſchaft, von Immanuel Kant. 2te Auflage. Riga 1787. 8.

21) William Nicholſon's Einleitung in die Naturlehre. Aus dem Engl. mit Zuſätzen u. Anm. von A. F. Lüdike. B. I. II. Leipzig 1787. 8.

22) Grundriß des mathematiſchen u. chem.-mineral. Theils der Naturlehre, von Joh. Phil. Hobert. Berlin 1789. 8.

23) Geo.

23) Geo. Sim. Klügels Anfangsgründe der Naturlehre in Verbindung mit der Chemie und Mineralogie. Berlin und Stettin 1792. 8. und in deſſen Encyklopädie, 2te Auflage, Th. II. Berlin und Stettin 1792. 8.

24) Vorleſungen über die Experimentalphyſik, von F. C. Achard. Th. I — IV. Berlin 1791. 8.

25) Vollſtändiger und faßlicher Unterricht in der Naturlehre. In einer Reihe von Briefen an einen jungen Herrn von Stande, von Michael Hube. Leipzig. B. I. II. 1793. B. III. 1794. 8.

26) Compendium inſtitutionum phyſicarum in uſum auditorum conſcripſit *Matthaeus Pankl.* Poſonii. P. I. II. III. 1793. 8.

27) Grundriß der öffentlichen Vorleſungen über die Experimentalnaturlehre, von P. Maximus Imhoff. München. Th. I. 1794. Th. II. 1795. 8.

28) Ad. Wilh. Hauchs Anfangsgründe der Naturlehre, a. d. Däniſchen überſetzt von Joh. Clem. Tode. Kopenhagen und Leipzig. Th. I. II. 1795. 8.

29) R. Sullivans Ueberſicht der Natur, in Briefen an einen Reiſenden. Aus dem Engl. mit einigen Anmerkungen. Leipzig. B. I. 1795, B. II. 1796. 8.

30) Lehrbuch der Naturlehre, von Jul. Conr. Yelin. B. I. Ansbach 1796. 8.

2) Wörterbücher.

Phyſikaliſches Wörterbuch, oder Verſuch einer Erklärung der vornehmſten Begriffe und Kunſtwörter der Naturlehre in alphabetiſcher Ordnung, von Joh. Sam. Traugott Gehler. Th. I. Leipzig 1787. Th. II. 1789. Th. III. 1790. Th. IV. 1791. Th. V. 1795. Th. VI. 1796. 8.

3) Vermiſchte Schriften.

1) *Franc. Bacon. de Verulamio* opera omnia, opera *Simon. Ioh. Arnoldi.* Lipſ. 1694. fol.

2) *Robert. Boyle* opera varia. Genevae 1680. 4 cum appendic. 1682 — 1688.

3) *Chriſt.*

3) *Chriſt. Hugenii* opera varia, cura *Guil. Iac. S'Graveſande.* T. I. II. Lugd. Bat. 1724. 4.

Eiusd. opera reliqua. T. I. II. Amſtelod. 1728. 4.

4) *Petri van Muſchenbroek* phyſicae experimentalis et geometricae diſſertationes. Lugd. Bat. 1729. 4.

5) Tentamina experimentorum naturalium captorum in academia del Cimento, edit. a *Petr. van Muſchenbroek.* Lugd. Bat. 1731. 4.

6) *Leon. Euleri* opuscula varii argumenti. T. I — III. Berol. 1746. 1750. 1751. 4.

(Ebendeſſelben) Lettres à une princeſſe d'Allemagne ſur divers ſujets de phyſique et de philoſophie. T. I — III. à Mitau 1770 — 1774. 8. Nouv. Edit. par M. *de Condorcet* et *de la Croix.* à Paris. T. I. 1787. T. II. 1788. gr. 8.

Briefe an eine deutſche Prinzeſſin über verſchiedene Gegenſtände aus der Phyſik und Philoſophie. I — III. Th. Leipzig 1769 — 1774. gr. 8. Neue Ausgabe von Fr. Kries. B. I. Gotha 1792. gr. 8.

7) *Abr. Gotth. Kaeſtner* diſſertationes mathematicae et phyſicae. Altenb. 1771. 4.

8) Recherches ſur les modifications de l'atmoſphère, par *Jean André de Luc.* T. I. II. à Génève 1772. gr. 4.

J. A. de Luc Unterſuchungen über die Atmoſphäre, und die zu Abmeſſung ihrer Veränderungen dienlichen Werkzeuge. a. d. Franz. Th. I. II. Leipzig 1776. 1778. 8.

9) Ebendeſſelben Idées ſur la météorologie. T. I. II. à Londres 1786. 8.

Neue Ideen über die Meteorologie, von J. A. de Luc. a. d. Fr. Th. I. II. Berlin und Stettin 1787. 1788. 8.

10) Voyages dans les Alpes, par *Horace Bened. de Sauſſure.* T. I — IV. à Génève 1780 — 1786. gr. 8.

Horat. Bened. von Sauſſure Reiſen durch die Alpen. a. d. Franz. Leipzig 1781 — 1788. B. I — IV. 8.

11) Fr. Carl Achards chymiſch-phyſiſche Schriften. Berlin 1780. 8.

12) Ebendeſſelben Sammlung phyſikaliſcher und chymiſcher Abhandlungen. B. I. Berlin 1784. 8.

13) *Torb. Bergmann* opuſcula phyſica et chemica. Vol. I. II. Holm. Upſal. et Aboae 1779 — 1780. 8. Vol. III. ebendaſ. 1783. und Lipſ. 1786. gr. 8. Vol. IV — VI. edid. *Ern. Beni. Gottl. Hebenſtreit.* Lipſ. 1787. 1788. 1790. gr. 8.

14) *Carol. Guil. Scheele* opuſcula chemica et phyſica, ed. *Ern. Beni. Gottl. Hebenſtreit.* Vol. I. II. Lipſ. 1788. 1789.

15) Experiments and obſervations on different kinds of air, by *Joſ. Prieſtley.* Lond. 1774. 8. Sec. edit. 1775. 8. Vol. II. 1775. Vol. III. 1776. 8.

Dr. Joſ. Prieſtleys Verſuche und Beobachtungen über verſchiedene Gattungen der Luft. a. d. Engl. Th. I. Wien und Leipzig 1778. 8. Th. II. 1779. Th. III. 1780.

16) Ebendeſſelben Experiments and obſervations relating to various branches of natural Philoſophy; with a continuation of the obſervations on air. Lond. 1779. Vol. II. Birmingh. 1781. 8. Vol. III. Birmingh. 1786. 8. (Der Herr Verf. führt dies Werk als eine Fortſetzung des vorigen an. Eine neue Ausgabe beyder zuſammen in 3 B. iſt zu London 1790. vom Verf. herausgegeben).

Dr. Joſ. Prieſtleys Verſuche und Beobachtungen über verſchiedene Theile der Naturlehre. a. d. Engl. Leipzig 1780. B. II. Wien und Leipzig 1782. 8.

17) Opuſcules phyſiques et chymiques, par M. *Lavoiſier*, T. I. II. à Paris 1774. 8.

Herrn Lavoiſier phyſikaliſch-chemiſche Schriften. a. d. Franz. von Chr. Ehrenfr. Weigel. B I. Greifswalde 1783. 8. B. II. 1785. 8. — aus dem Franzöſiſchen geſammelt und überſ. mit Anmerk. von ebendemſelben. B. III. Greifswalde 1785. 8. von *H. F.* Link. B. IV. Greifswalde 1792. B. V. 1793. 8.

18) Joh. Ingenhouß vermiſchte Schriften, phyſiſch-mediciniſchen Inhalts; überſetzt und herausgegeben von Nikl. Karl Molitor. Wien 1782. 8. Neue, ſehr vermehrte Auflage. B. I. II. Wien 1784. 8.

19) Sammlungen zur Phyſik und Naturgeſchichte, von einigen Liebhabern dieſer Wiſſenſchaften. B. I. Leipzig 1779. 8. B. II. 1782. B. III. 1787. B. IV. 1792. 8.

20) Opus-

20) Opuscoli ſiſico-chimici del Cavaliere *Marſilio Landriani*. Milano 1781. 8.

21) Sammlung phyſiſch-mathematiſcher Abhandlungen, von G. G. Schmidt. B. I. Gießen 1793. 8.

22) Beyträge zur Phyſik und Chemie; von *H. F. Link*. Roſtock und Leipzig. St. I. 1795. St. II. 1796. 8.

4) Magazine und Journale.

1) Hamburgiſches Magazin, oder geſammelte Schriften zum Unterricht und Vergnügen aus der Naturforſchung und den angenehmen Wiſſenſchaften überhaupt. B. I — XXVI. Hamburg 1747 — 1763. 8.

Neues Hamburgiſches Magazin. Hamburg 1767. u. f. 8.

2) Obſervations ſur la Phyſique, ſur l'Hiſtoire naturelle et ſur les Arts, par M. l'Abbé *Rozier*, M. *Mongez* et *de la Metherie*. T. I. à Paris 1773. — T. XLIII. 179.. 4.

3) Journal de Phyſique, de Chimie et d'Hiſtoire naturelle, par *Jean Claude Lamétherie*. T. I. à Paris. An. 2e. 4.

4) Bibliotheca ſiſica di Europa, di *L. Brugnatelli*. Pavia. T. I — XX. 8.

5) Giornale ſiſico-medico — di *L. Brugnatelli*. à Pavia. T. I. 1794. 8. (wird fortgeſ.).

6) Magazin für das Neueſte aus der Phyſik und Naturgeſchichte, herausgegeben von Lichtenberg. B. I — III. Gotha 1781 — 86. Fortgeſetzt von Voigt. B. IV. 1786. — B. X. 1796. 8. (wird fortgeſetzt).

7) Lor. Crell chemiſches Journal. Th. I. Lemgo 1778. — Th. VI. 1781. 8.

8) Ebendeſſelben neueſte Entdeckungen in der Chemie. Th. I. Leipzig 1781. — Th. XII. 1784. 8.

9) Ebendeſſelben chemiſche Annalen. Helmſt. und Leipzig 1784. 8. (Wird fortgeſetzt, und es erſcheinen jährlich zwey Bände.)

10) Ebendeſſelben Beyträge zu den chemiſchen Annalen. B. I. Helmſt. und Leipzig 1786. 8. — B. V. 1792. (wird fortgeſ.).

11) Annales de Chymie, ou Recueil de Mémoires concernant la Chimie et les Arts, par M. *de Morveau*, *Lavoiſier*, *Monge*, *Berthollet*, *de Fourcroy*, *le Baron de Dieterich*, *Haſſen-*

Haſſenfratz et *Adet*. Tome I. à Paris 1789. — T. XVIII. 1793. 8.

12) Journal der Phyſik, herausgegeben von D. *Fr. Albr. Carl Gren*. B. I. Halle u. Leipz. 1790. — B. VIII. 1794. 8.

13) Neues Journal der Phyſik, herausgegeben von D. F. A. C. Gren. Leipzig. B. I. 1795. — B. III. 1796. (w. f.).

§. 28. Ich theile die Naturlehre in die **allgemeine** (Phyſica generalis), und in die **beſondere** (Phyſica ſpecialis) ein. Jene beſchäftigt ſich theils mit dem, was dem Begriffe der Materie nach Principien a priori zum Grunde liegt, theils mit Phänomenen, die von allgemeinen Grundkräften abhängen. Dieſe hingegen unterſucht die Natur einzelner Stoffe, und erklärt die Veränderungen, die ſie hervorbringen oder erleiden.

Erſter

Erſter Theil.

Allgemeine Naturlehre.

Erſter Abſchnitt.

Metaphyſiſche Naturlehre.

§. 29.

Der geſammten Naturlehre liegt der Begriff der Materie zum Grunde. Dieſe iſt zwar nur ein Gegenſtand der Empfindung in der äußern Anſchauung, oder das eigentlich Empiriſche der ſinnlichen und äußern Anſchauung, welches gar nicht a priori gegeben werden kann; in ſo fern indeſſen die Naturlehre zur vollſtändigen Zergliederung des Begriffes von Materie ſich keiner beſondern Erfahrungen, ſondern nur deſſen, was ſie im abgeſonderten, obgleich an ſich empiriſchen, Begriffe ſelbſt antrifft, nach Principien a priori, oder in Beziehungen auf die reinen Anſchauungen im Raume und in der Zeit, bedient, heißt ſie **metaphyſiſche Naturlehre**, die mit Recht den übrigen Theilen der Naturlehre voran gehen muß.

Materie. Grundkräfte derſelben.

§. 30. Wir können uns nichts Körperliches anders denken, als daß es **ausgedehnt** iſt, oder daß es in einem **Raume** enthalten iſt, den man nach dreyerley auf einander ſenkrecht ſtehenden Richtungen abmeſſen, oder, worin man Länge, Breite und Höhe unterſcheiden kann.

§. 31.

§. 31. Die Ausdehnung eines jeden Körpers nach der Richtung der Länge, Breite und Höhe iſt durch Flächen begränzt, deren Lage und Stellung einander die **Figur** des Körpers beſtimmt. Jeder Körper hat alſo eine Figur.

§. 32. Das, was den Raum des Körpers erfüllt, heißt **Materie**. Einen Raum **erfüllen**, heißt aber, dem Beweglichen widerſtehen, das durch ſeine Bewegung in dieſen Raum einzudringen ſtrebt. Dies Phänomen der Materie nennt man **Undurchdringlichkeit**.

§. 33. Die Vorſtellung des Raumes kann zwar nicht von der Vorſtellung des Körpers getrennt werden, daraus folgt aber nicht, daß der Raum eine Eigenſchaft der Materie an ſich ſey; Raum iſt vielmehr die Form der äußern ſinnlichen Anſchauung, oder die Regel, unter welcher die Sinnlichkeit von äußern Objecten afficirt wird.

§. 34. Materie iſt das **Bewegliche** im Raume, und in ſo fern die Vorſtellung des Raumes von der Vorſtellung des Körperlichen unzertrennlich iſt, kann man die Materie den **beweglichen** oder **empiriſchen Raum** nennen. Der Raum, in welchem alle Bewegung zuletzt gedacht werden muß, (der mithin ſelbſt ſchlechterdings unbeweglich iſt,) heißt der **reine**, oder **abſolute Raum** im Gegenſatz des vorigen, den man auch den **relativen Raum** nennt. Der abſolute Raum iſt an ſich nichts, ſondern iſt eine bloße Idee, die ſelbſt kein Object hat. Ein nicht mit Materie erfüll-

ter

ter Raum, oder ein **leerer Raum** (Vacuum), hat als ſolcher nur ſubjective Gründe, und kann nicht als für ſich gegeben oder als ein wirkliches Ding angeſehen werden.

„In aller Erfahrung muß etwas empfunden werden, und das iſt das Reale der ſinnlichen Anſchauung; folglich muß auch der Raum, in welchem wir über die Bewegungen Erfahrungen anſtellen ſollen, empfindbar, d. i. durch das, was empfunden werden kann, bezeichnet ſeyn, und dieſer, als der Inbegriff aller Gegenſtände der Erfahrung, und ſelbſt ein Object derſelben, heißt der empiriſche Raum. Dieſer aber, als materiell, iſt ſelbſt beweglich. Ein beweglicher Raum aber, wenn ſeine Bewegung wahrgenommen werden ſoll, ſetzt wiederum einen andern erweiterten materiellen Raum voraus, in welchem er beweglich iſt, dieſer eben ſowohl einen andern, und ſo forthin ins Unendliche.“ (Kants metaphyſ. Anf. der Naturw. S. 2. f.). Durch den Begriff von einem abſoluten oder reinen, und unbeweglichen Raume erhält indeſſen der Erfahrungsgebrauch des Verſtandes in der Beziehung eines beweglichen Raumes auf einen andern weitern beweglichen Raum Einheit.

§. 35. Die Erfahrung lehrt, daß wir, wenn wir den Raum irgend eines Körpers verengen wollen, Widerſtand finden, ſo groß oder klein er auch ſeyn mag. Was aber Widerſtand leiſtet, oder was Bewegungen hemmt, muß ſelbſt eine bewegende Kraft ſeyn (§. 3.). Alſo erfüllt die Materie ihren Raum nicht durch ihre bloße **Exiſtenz**, ſondern durch eine beſondere **bewegende Kraft.**

§. 36. Eine Kraft, die dem Eindringen einer andern oder der Annäherung widerſteht, heißt eine **zurückſtoßende**, oder **expanſive Kraft** (Vis repulſiva, expanſiva). Die Materie erfüllt alſo ihre Räume durch repulſive Kräfte aller ihrer Theile, d. i. durch eine ihr eigene Ausdehnungskraft, die einen beſtimmten Grad hat, über den kleinere oder größere Grade ins Unendliche gedacht werden können.

§. 37.

§. 37. Weil für gegebene ausdehnende Kraft der Materie eine größere zuſammendrückende angenommen werden kann, die jene in einen engern Raum zwingt, und ſo ins Unendliche, ſo folgt, daß die Materie ins Unendliche zuſammengedrückt werden kann. Sie würde durchdrungen werden, wenn durch ihre Zuſammendrückung der Raum ihrer Ausdehnung völlig aufgehoben würde. Dazu würde eine unendlich zuſammendrückende Kraft erfordert werden, welche unmöglich iſt; alſo kann eine Materie von einer andern niemals in dieſem Sinne durchdrungen werden.

Dieſe Durchdringung der Materie vermittelſt äußerer zuſammendrückender Kräfte könnte die mechaniſche heißen, im Gegenſatz der chemiſchen, vermittelſt der Anziehung, von der unten gehandelt werden wird.

§. 38. Die Undurchdringlichkeit der Materie (§. 32.) beruhet alſo auf einem phyſiſchen Grunde, nämlich auf dem Widerſtande, der mit den Graden der Zuſammendrückung proportionirlich wächſt; denn die ausdehnende Kraft macht die Materie ſelbſt, als ein Ausgedehntes, das ſeinen Raum erfüllt, erſt möglich. Da aber dieſe Kraft einen Grad hat, der überwältigt werden kann, doch ſo, daß die gänzliche Durchdringung unmöglich iſt (§. 37.), ſo folgt, daß die Undurchdringlichkeit der Materie nur relativ, nicht abſolut iſt.

Bey der Vorausſetzung der abſoluten Undurchdringlichkeit nimmt man an, daß die Materie als Materie ſchlechterdings und mit abſoluter Nothwendigkeit dem Eindringen widerſteht, und daß ſie keiner Zuſammendrückung fähig iſt, als in ſo fern ſie leere Räume enthält.

§. 39.

§. 39. Die Möglichkeit der Materie erfordert außer der Expanſivkraft eine Anziehungskraft (Vis attractiva), die der Ausdehnungskraft entgegenwirkt, als die zweyte weſentliche Grundkraft derſelben. Die Expanſivkraft, als weſentliche bewegende Kraft, kann nämlich nicht durch ſich ſelbſt eingeſchränkt werden, auch kann die damit begabte Materie nicht durch den Raum allein auf eine gewiſſe Gränze der Ausdehnung geſetzt werden; alſo würde die Materie durch bloße repulſive Kräfte ſich ins Unendliche zerſtreuen, und der Grad einer in alle Räume ſich verbreitenden Expanſivkraft unendlich klein, d. i. gleich Null ſeyn; es würde alſo nirgendwo ein endliches Quantum Materie da ſeyn, oder jeder angegebene Raum würde vollkommen leer ſeyn. Alſo erfordert die reale Möglichkeit der Materie noch eine urſprüngliche innere Anziehungskraft, wodurch die Verbreitung eines jeden beſtimmten Quantum Materie auf einen beſtimmten Raum begränzt wird.

§. 40. Durch bloße Anziehungskraft, ohne Expanſivkraft, iſt keine Materie möglich. Denn, wenn eine Materie durch bloße Anziehungskraft exiſtirte, ſo würde der Raum ihrer Verbreitung ins Unendliche verringert werden, oder ihre Theile würden in einen mathematiſchen Punct zuſammenfließen, und der Raum würde leer, folglich ohne Materie ſeyn.

§. 41. Die Materie erfüllt ihren Raum nur dann mit Beharrlichkeit, wenn die Expanſivkraft und die Anziehungskraft ihrer Theile ſich einander das Gleichgewicht halten.

§. 42.

§. 42. Der Raum, den die Materie erfüllt, muß als eine ſtetige Größe (Continuum) angeſehen werden. Er iſt ins Unendliche mathematiſch theilbar, d. h. keiner ſeiner Theile kann der kleinſte genannt werden, oder er beſteht, ſo klein er auch iſt, immer wieder aus Räumen, wie ſich erweiſen läßt.

Man ziehe (Fig. 1.) die Parallellinien AB und CD; auf beyde errichte man eg und fh ſenkrecht, und beſchreibe ſo das Parallelogramm efgh. Wird nun aus g die Linie gf gezogen, ſo wird das Parallelogramm dadurch in die beyden Dreyecke gef und ghf getheilt. Wenn aus eben dieſem Puncte g die Linien gk, gl, gm gezogen werden, ſo wird das Dreyeck ghf dadurch immer in kleinere Theile getheilt. Da es nun ausgemacht iſt, daß ſich die Linie AB ohne Ende verlängern läßt, und da man ferner aus dem Puncte g gegen alle Puncte der unendlich verlängerten Linie AB eine Linie ziehen kann, ohne daß ſie endlich mit CD zuſammenfiele, weil dieſe ſonſt mit AB nicht parallel wäre, welches der Vorausſetzung zuwider iſt; ſo folgt, daß das Dreyeck ghf dadurch in unendlich viele Theile getheilt, und daß dieſe Theilung ohne Ende fortgeſetzt werden könne.

Oder (Fig. 2.) man ziehe gegen AB die Linie IC ſenkrecht, und beſchreibe nun mit dem Halbmeſſer DC den Bogen CK, und mit dem Halbmeſſer FC den Bogen GL. Der Augenſchein lehrt es, daß der Bogen LC der geraden Linie AB näher komme, als der Bogen CK. Der mit dem Halbmeſſer GC beſchriebene Bogen CM kommt ihr noch näher, und der mit dem Halbmeſſer CH beſchriebene noch mehr, und ſo immer fort, je größer der Radius iſt, mit welchem der Bogen beſchrieben wird. Der Raum KCB wird dadurch immer mehr getheilt. Weil ſich nun die Linie CI nach I zu ohne Ende verlängert annehmen läßt, ſo laſſen ſich auch mit dem ohne Ende wachſenden Radius CI durch den Punct C unendlich viele immer größer werdende Bogen ziehen, die der Linie AB immer näher kommen, ohne daß endlich ein ſolcher Bogen mit AB zuſammenfallen könne, indem er ſonſt nicht von ſeiner Tangente, und die krumme Linie nicht von der geraden unterſchieden wäre. Der zwiſchen KCB befindliche Raum wird ſolchergeſtalt ohne Ende getheilt werden können.

§. 43. Aber auch die Materie erfüllt ihren Raum als ſtetige Größe, und iſt ins Unendliche theilbar, und zwar in Theile, deren jeder wiederum Materie iſt. In einem mit Materie erfüllten Raume enthält

nämlich

nämlich jeder Theil deſſelben repulſive Kraft, allen übrigen nach allen Seiten entgegenzuwirken; folglich iſt auch jeder Theil eines durch Materie erfüllten Raumes für ſich ſelbſt beweglich, und alſo trennbar von den übrigen durch Theilung. So weit ſich alſo die mathematiſche Theilung des Raumes, den die Materie erfüllt, erſtreckt, ſo weit erſtreckt ſich auch die mögliche phyſiſche Theilung der Subſtanz, die ihn erfüllt, das iſt, ins Unendliche.

§. 44. In der Wirklichkeit findet die Theilung der Materie freylich ihre Gränzen; hier iſt aber von der möglichen Theilung derſelben die Rede, die keine Gränzen hat. Sonſt kann die wirkliche Theilung doch bis zum Erſtaunen weit getrieben werden, und die Kunſt vermag Theilungen vorzunehmen, die nach den Begriffen minder Unterrichteter unglaublich ſcheinen können.

Beyſpiele ſolcher bewundernswürdig großen Theilungen der Materie geben:

1) Die Materie des Lichts. Durch ein kleines Loch in einem Kartenblatt, dicht vors Auge gehalten, überſehen wir eine beträchtliche Menge irdiſcher Gegenſtände. Die Folge aber wird lehren, daß von jedem ſichtbaren Puncte Lichtkegel ins Auge kommen, deren Grundfläche das Loch iſt, durch welches wir ſehen, und deren Spitze ſich am ſichtbaren Puncte findet. Dieſe Lichtkegel müſſen unzählbar ſeyn, weil wir eine unzählbare Menge ſichtbarer Puncte wahrnehmen können; und dieſe Lichtkegel müſſen bey ihrem Durchgange ſich auch nicht unter einander verwirren und aufhalten.

2) Riechende Ausflüſſe. Eine Cubiklinie Lavendelöhl kann die Luft eines Zimmers mit ſeinem ganzen Geruch ausfüllen, wenn es durch Erwärmung zur Verdünſtung gebracht wird. Wenn dies Zimmer 22 Fuß lang, 18 Fuß breit und 10 Fuß hoch wäre, und nun angenommen würde, daß in jeder Cubiklinie Luft dieſes Zimmers nur vier riechbare Theilchen des Lavendelöhls wären, ſo wäre dadurch eine Theilung der Cubiklinie des Oehls in 47297,986560 Theilchen bewirkt.

S.

S. Sigaud de la Fond a. a. O. §. 35. Von andern Berechnungen der außerordentlich großen Theilung der Materie bey riechenden Ausflüſſen ſ. *Rob. Boyle* de mira effluviorum ſubtilitate c. 2.

3) Die Dehnbarkeit des Goldes. Ein Gran Gold kann von geſchickten Goldſchlägern nach Reaumur zu 36½ Quadratzoll (pariſ. M.) und darüber ausgedehnt werden. Rechnen wir für jeden Zoll Länge 200 mit den Augen erkennbare Theile, ſo wird jeder Quadratzoll 200 . 200 = 40000 Quadrate bekommen, deren jedes $\frac{1}{200}$ eines Zolles zur Seite hat, und mit den Augen zu unterſcheiden iſt. Nun haben wir aber 36½ Quadratzoll, folglich 1,460000 dergleichen Quadrate. Das Blattgold aber iſt auf beyden Seiten ſichtbar, und ſo erhalten wir 2,920000 mit den Augen erkennbare Theile an einem Grane Gold.

Noch weiter geht die Sichtbarmachung der Theile des Goldes bey der Vergoldung in der Verfertigung des Draths zu den goldenen Treſſen. Nach Reaumur wird dazu eine cylindriſche Stange Silber von 22 Zoll Länge und 15 Linien im Durchmeſſer mit einer Unze Gold vergoldet. Beym Durchziehen durch immer engere Drathzüge und bey dem Glätten wird dieſelbe endlich zu einer Länge von 110 franzöſiſchen Meilen und darüber ausgedehnt, wobey das Gold die ganze Oberfläche bedeckt. Die Unze Gold bildet alſo hier einen Cylinder von 110 × 2000 = 220000 Klaftern × 6 = 1,320000 Fuß × 12 = 15,840000 Zoll × 12 = 190,080000 Linien. Nimmt man an, daß in der Länge einer Linie 12 erkennbare Theile, und auf dem Drathe wenigſtens 2 Flächen zu unterſcheiden ſind, ſo wären hierbey von einer Unze Gold 12 × 2 × 190,080000 = 4561,920000 Theile ſichtbar gemacht worden, welches für einen Gran = $\frac{1}{480}$ Unze 9,295666 erkennbare Theile ausmacht.

Reaumur, in den *Mém. de l'acad. roy. des ſc. de Paris*, 1713. S. 203. ff.

4) Die metalliſchen Niederſchläge. Man löſe 4 Gran Eiſenvitriol in 2 Kannen Regenwaſſer auf, und tröpfele dazu von der geiſtigen Galläpfeltinctur, ſo wird nach dem Umrühren die Flüſſigkeit durchaus eine ſchwarze Farbe annehmen. Die Kanne Waſſer iſt zu 36 Unzen gerechnet, und die Unze zu 480 Tropfen; wir haben alſo 2 × 36 × 480 = 34,560 Tropfen, die alle ſchwarz gefärbt ſind, und den Eiſenniederſchlag enthalten. Das Eiſen in 4 Gran Eiſenvitriol beträgt kaum 1 Gran. Wenn wir nun in jedem Tropfen nur 40 erkennbare Theile annehmen, ſo wäre hierbey 1 Gran Eiſen in 40 × 34560 = 1,382400 erkennbare Theile zerriſſen worden.

5) Die Pigmente. Ein Gran Kupfer in Salmiakgeiſt aufgelöſet, färbt 392 Cubikzoll (rheinl.) deſtillirtes oder Regenwaſſer ſchön blau, und leidet hierbey nach Muſchenbroeks Berechnung eine Vertheilung in 392,500000 erkennbare Theile.

Die

Die Ausziehung von 1 Gran Cochenille mit etwas Lauge vom Gewächsalkali färbt die vorige Menge deſtillirtes Waſſer roth; und erleidet eben ſo ſtarke Vertheilung.

Muſchenbroek introd. ad philoſ. natur. §. 72. n. 4. 5.

6) Das Geſpinſte der Spinnen, Seidenwürmer. S. *Rob. Boyle* a. a. O. und *Reaumur* a. a. O.

§. 45. Das **atomiſtiſche Syſtem**, welches man auch die **mechaniſche Naturphiloſophie** im Gegenſatz der **dynamiſchen**, die wir hier zum Grunde legen, nennen kann, nimmt die Undurchdringlichkeit der Materie als abſolut an, und läßt die Materie durch ihre Exiſtenz ihre Räume erfüllen, aber nicht als Continuum, ſondern als Interruptum, mit **leeren Zwiſchenräumen**, (Vacuum diſſeminatum). Es behauptet daher auch eine Gränze der Theilbarkeit der Materie, und nennt die letzten, nicht weiter theilbaren, Theilchen, denen es freylich doch Ausdehnung und Figur zugeſtehen muß, **Atome**.

§. 46. Wir finden in der Erfahrung bey den verſchiedenen Körpern unzählige Verſchiedenheiten ihrer Wirkſamkeit, und unendliche Mannichfaltigkeit ihrer Eigenſchaften. Das atomiſtiſche Syſtem, das eine völlige Gleichartigkeit der primitiven Materie behauptet, iſt genöthigt, die ſpecifiſche Verſchiedenheit der Materie, wovon uns die Erfahrung belehrt, aus der verſchiedenen Größe, der verſchiedenen Stellung und Figur der Atome und der leeren Räume zu erklären. Nach dem dynamiſchen Syſtem iſt eine urſprüngliche Verſchiedenheit des Verhältniſſes und der Intenſität der reſpectiven Grundkräfte, die das Weſen der Materie ausmachen (§. 39.), möglich, und es

läßt

läßt ſich folglich in dieſer Hinſicht eine weſentliche **Ungleichartigkeit** der Materie behaupten, und daraus die empiriſche ſpecifiſche Verſchiedenheit der körperlichen Dinge ableiten.

§. 47. Nach der atomiſtiſchen Erklärungsart in der Phyſik heißt ein Körper **vollkommen** oder **abſolut dicht**, wenn er keine leere Zwiſchenräume hat, ſondern ſeine Atome den Raum des Körpers als ſtetige Größe erfüllen. Die Wirklichkeit eines ſolchen Körpers muß aber zu Folge dieſes Syſtems geläugnet werden, weil die Erfahrung uns keinen Körper zeigt, der nicht in einem gewiſſen Grade zuſammengedrückt werden könnte. Nach jenem Begriff von Erfüllung des Raumes ſtellt man Vergleichungen an, und nennt eine Materie **dichter** als eine andere, die weniger Leeres in ſich enthält, und **dünner** wenn ſie mehr Leeres enthält, als eine andere; und es giebt alſo ein Maximum und Minimum der Dichtigkeit.

§. 48. Da nach dem dynamiſchen Syſtem die Materie ſtets als Continuum ihren Raum erfüllt, ſo kann es kein Maximum und Minimum der Dichtigkeit geben. **Dichtigkeit** heißt hier der Grad der Erfüllung eines beſtimmten Raumes durch urſprüngliche Grundkräfte. Hiernach iſt eine Materie **dichter**, als eine andere, wenn der Grad ihrer Erfüllung oder die Intenſität ihrer Grundkräfte größer, als der andern iſt. Jede noch ſo dünne Materie kann gleichwohl völlig dicht heißen, und ſie iſt mit einer andern verglichen weniger dicht, wenn ſie ihren Raum zwar ganz, aber nicht in gleichem Grade erfüllt.

Es

Es verſteht ſich, daß hier von derjenigen Poroſität der Körper, die von ihrer Configuration und ihrem Gefüge abhängig iſt, auch wenn ſie nicht ſinnlich wahrgenommen werden kann, gar nicht die Rede iſt.

§. 49. Die Menge der materiellen Theile, die in einem beſtimmten Raume eines Körpers enthalten ſind, nennt man die **Maſſe** deſſelben, und die Größe dieſes Raums den **Inbegriff** oder den **Raumesinhalt** (Volumen) des Körpers. Er iſt **dichter**, wenn er mehr Maſſe bey gleichem Raumesinhalt hat, als ein anderer.

§. 50. Nach dem atomiſtiſchen Syſtem hat ein Körper dann mehr Maſſe als ein anderer, wenn er bey gleichem Raumesinhalt mehr Atome und weniger leere Zwiſchenräume enthält, als ein anderer; nach dem dynamiſchen Syſtem iſt die Maſſe eines beſtimmten Volums deſto größer, je größer der Grad der Erfüllung dieſes Raumes (§. 48.) iſt.

§. 51. Die Dichtigkeit der Materie iſt demnach ein Verhältnißbegriff, und es läßt ſich dieſelbe nicht an ſich bey Einem Körper, ſondern es laſſen ſich nur die Verhältniſſe der Dichtigkeit mehrerer Körper angeben. Man muß alſo die Dichtigkeit eines beſtimmten Körpers zur Einheit nehmen, und damit die Dichtigkeit anderer Körper vergleichen, ob ſie größer oder geringer iſt, als die zur Einheit angenommene Dichtigkeit.

§. 52. Da die Dichtigkeit der Körper beſtimmt wird aus dem Verhältniſſe des Raumesinhalts zu der Maſſe des Körpers (§. 49.), ſo fließen hieraus fol-

gende Regeln zur Beſtimmung der Dichtigkeiten der Körper:

1) **Körper von gleichem Volumen verhalten ſich in ihren Dichtigkeiten, wie ihre Maſſen.**

2) **Körper von gleichen Maſſen verhalten ſich in ihren Dichtigkeiten umgekehrt, wie ihre Volumina.**

3) **Die Dichtigkeiten der Körper überhaupt verhalten ſich wie die Quotienten der Maſſen der Körper durch die Volumina.**

Es ſind demnach die Dichtigkeiten im geraden Verhältniſſe der Maſſen und im umgekehrten der Inbegriffe; die Volumina ſind im geraden Verhältniſſe der Maſſen und im umgekehrten der Dichtigkeiten; und die Maſſen im zuſammengeſetzten Verhältniſſe der Dichtigkeiten und Volumina.

Es ſeyen nämlich die Volumina zweyer Körper V, v, ihre Maſſen M, m, und das Verhältniß ihrer Dichtigkeiten ſey D, d; ſo iſt nach 1), wenn $V = v$, $D : d = M : m$; und nach 2), wenn $M = m$, $D : d = v : V$. Nehmen wir nun noch einen dritten Körper, deſſen Maſſe der des erſten $= M$, und deſſen Volum dem des zweyten $= v$ ſey, und deſſen Dichtigkeit ſich zu denen der beyden erſtern verhalte, wie $\delta : D$ und $\delta : d$, ſo iſt:

für den erſten und dritten nach 2), $D : \delta = v : V$
für den dritten und zweyten nach 1), $\delta : d = M : m$

folglich für den erſten und zweyten, $D : d = Mv : mV = \frac{M}{V} : \frac{m}{v}$.

Es folgt alſo hieraus, daß $V : v = \frac{M}{D} : \frac{m}{d}$; und endlich, daß $M : m = DV : dv$ ſey.

§. 53. Wenn aber nun dieſe Regeln ihre Anwendung in der Wirklichkeit finden ſollen, ſo iſt es nöthig, daß wir die Maſſen der Körper ermeſſen,

oder

oder die Quantitäten ihrer Materie angeben können. Da die Maſſe der Körper eine intenſive Größe iſt, ſo kann ſie auch nur durch das Maaß der Wirkſamkeit ihrer urſprünglichen Grundkräfte ermeſſen werden; und dazu fehlt es uns an einem Maaßſtabe. Vergeblich behauptet man, daß das Gewicht dieſer Maaßſtab ſey, weil man dabey ohne Beweis annimmt, daß alle ſpecifiſch verſchiedene Materie gravitire, und zwar bey gleicher Erfüllung ihres Raumesinhalts gleich ſtark gravitire. — Die atomiſtiſche Naturlehre geſteht auch ein, daß es ihr unmöglich iſt, durch Zählung der Atome eines Körpers ſeine Maſſe zu beſtimmen.

In der Mechanik verſteht man immer nur Gewichte, wenn von Maſſen die Rede iſt.

Reine Bewegungslehre.

§. 54. Wir betrachten hier das Bewegliche, in ſo fern es als ein ſolches bewegende Kraft hat. Wir legen hierbey die Materie als bloß beweglich zum Grunde, ohne auf andere empiriſche Eigenſchaften einer beſtimmten Materie, die wir in der Wirklichkeit antreffen, Rückſicht zu nehmen, und laſſen die bewegende Kraft nach willkührlichen Richtungen wirken. Wir abſtrahiren alſo von den bewegenden Kräften der wirklichen Materien unſerer Sinnenwelt, wodurch ſie nach beſtimmten Richtungen ſollicitirt werden. Wir ſind ſolchergeſtalt im Stande, die Geſetze der Bewegung in den einfachſten Fällen zu entwickeln, die uns in der Folge bey den Phänomenen der mit beſtimm-

ten Kräften begabten Materien zur Erklärung und Anwendung dienen können.

§. 55. Jeder Körper in der Welt muß einen Raum irgendwo in derſelben einnehmen. Denkt man ſich von einem gewiſſen Körper den ganzen Weltraum in Gedanken weg, ſo iſt der Theil dieſes abſoluten Raums (§. 34.), den er einnimmt, der **abſolute Ort** des Körpers (Locus abſolutus); ſieht man aber dabey zugleich auf andere Körper, welche eine beſtimmte Lage gegen ihn haben, ſo nennt man es den **relativen Ort**, oder ſeine **Lage**, (Locus relativus, Situs). Da aber der abſolute Raum ſelbſt keine Realität, ſondern nur ſubjectiv iſt; da ferner keine Ortsbeſtimmung darin möglich iſt, ſo können wir auch nur den **relativen Ort** der Körper angeben.

§. 56. Die ſtetige Veränderung des Orts heißt **Bewegung** (Motus). Dieſe, ohne Beziehung auf andere Körper, oder die Veränderung des abſoluten Orts (§. 55.), heißt **abſolute Bewegung** (Motus abſolutus); die Veränderung des relativen Orts, oder der Lage gegen andere Körper, heißt **relative Bewegung** (Motus relativus).

§. 57. Beybehaltung des Orts iſt **Ruhe** eines Körpers (Quies), die man auch zwiefach, als **abſolute** (Quies abſoluta) und, als **relative Ruhe** (Quies relativa) betrachtet. Beyde unterſcheiden ſich wie abſolute und relative Bewegungen (§. 55.).

§. 58. Da aber bey der abſoluten Bewegung (§. 56.) und bey der abſoluten Ruhe (§. 57.) nur

der

der abſolute Ort des Körpers in Betracht kommt; hierzu aber kein anderer Körper erfordert wird, als der, welcher den Ort erfüllt; im abſoluten Raume aber keine Stelle, folglich keine Ortsveränderung oder keine Beharrung in dem Orte beſtimmt werden kann: ſo kann auch ſchlechterdings keine abſolute Bewegung und keine abſolute Ruhe beſtimmt werden. Wir können daher auch nur die relative Bewegung und Ruhe der Körper in der Natur bemerken.

§. 59. Die relative Bewegung eines Körpers iſt in Rückſicht auf die Veränderung der Lage anderer Körper, entweder eine **eigene** (Motus proprius), oder eine **gemeinſchaftliche** (Motus communis). Bey **jener** verändert ein einziger Körper gegen alle übrigen ſeine Lage; bey **dieſer** bewegen ſich ein oder mehrere andere Körper zugleich mit, verändern aber ihre Lage gegen jenen nicht, oder die bewegten Körper bleiben in relativer Ruhe (§. 57.) gegen einander. Man muß hierbey nicht abſolute und gemeinſchaftliche Bewegung mit einander verwechſeln.

§. 60. Da wir die Bewegung überhaupt nur aus der veränderten Lage der Körper gegen einander beurtheilen, mehrere Körper aber gegen einander in ihrer Lage beharren, oder in relativer Ruhe ſeyn, und doch eine gemeinſchaftliche Bewegung haben können; ſo ſieht man leicht ein, daß man die Bewegung nicht wahrnehmen kann, wenn wir bloß auf die Lage derjenigen Körper gegen einander Rückſicht nehmen, die eine gemeinſchaftliche Bewegung haben. Aber bey Wahrnehmungen der veränderten Lagen der Körper

gegen

gegen einander muß auch beſtimmt werden, welcher Körper in Ruhe geblieben und welcher wirklich bewegt worden iſt. Dies erhellet nicht immer ſo geradezu, und es können daher ebenfalls wieder leicht Täuſchungen entſtehen.

Von der wirklichen (Motus realis) und ſcheinbaren Bewegung (Motus apparens).

§. 61. Die Materie, die als ſolche keine innern Beſtimmungen und Beſtimmungsgründe hat, ſondern die bloß als beweglich, ohne alles Vermögen, ſich ſelbſt zu beſtimmen, gedacht wird, wie wir hier thun, heißt träge (iners). Die Trägheit (Inertia) der Materie bedeutet alſo nichts anders, als das Unvermögen derſelben, ihren Zuſtand von ſelbſt zu ändern. Sie iſt alſo etwas Negatives; und der Ausdruck: Trägheitskraft (Vis inertiae), iſt daher ganz ohne Sinn.

§. 62. Die Trägheit der Materie iſt alſo auch kein Hinderniß ihrer Beweglichkeit, und die Materie kann dadurch, daß ſie träge iſt, der bewegenden Kraft nicht Widerſtand leiſten, wenn ſie aus Ruhe in Bewegung geſetzt werden ſoll. Der Satz: daß die Trägheit der Maſſe proportional ſey, iſt alſo ebenfalls ohne Sinn, und aus dem mißverſtandenen Begriffe von Trägheit abgeleitet, nach welchem man ſie mit dem Widerſtande der wirklichen, durch eine ſtetige Kraft ſollicitirten, Materie verwechſelt hat, wenn dieſe aus Ruhe in Bewegung nach einer andern Richtung, als die ihr ſchon beywohnende ſtetige bewegende Kraft hat, geſetzt werden ſoll.

Auf dem mißverſtandenen Begriffe von Trägheit beruhen auch die Einwürfe, die der ſel. Gehler im Supplementbande ſeines phyſikaliſchen Wörterbuches gegen verſchiedene meiner Sätze

Sätze gemacht hat. Dieſer vortreffliche Gelehrte überſah, daß hier von einer in Abſtracto genommenen Materie die Rede ſey, die bloß als beweglich, und ohne daß die in der Wirklichkeit damit verbundene ſtetige Kraft der Schwere als auf ſie wirkend gedacht wird. Eine ſchwere Kugel, die auf einer horizontalen Tafel ruhet, widerſteht allerdings in horizontaler Richtung, aber nicht deswegen, weil ſie träge iſt, ſondern weil ſie ſchwer iſt. Die Tafel trägt zwar ihr Gewicht, hebt ja aber ihre Schwere und den Druck nicht auf, den ſie durch ihre Schwere verurſacht. Sie widerſteht, wenn wir hierbey auch von aller Friction, vom Widerſtande der Luft, u. dergl. abſtrahiren, vermöge der Kraft der Schwere, weil ſie von der verticalen Richtung, in welcher die Schwere ſie treibt, und in welcher ſie auch ihren Druck ausübt, abgelenkt werden ſoll. Man bedenke doch nur, daß die Bewegung der ſchweren Kugel auf der horizontalen Tafel eine wirkliche Centralbewegung iſt. Der Widerſtand der ſchweren Kugel in jeder andern Richtung, als die Richtung der Schwere, hebt die andere bewegende Kraft proportionirlich auf, ſo wie hinwiederum durch dieſe die Schwere verhältnißmäßig aufgehoben wird; kurz, es ſind hier nun zwey Kräfte wirkſam, die einander entgegengeſetzt ſind; und, (was man in der That nicht beherzigt hat,) es würde die ſchwere Kugel bey ihrer Bewegung auf der horizontalen Tafel dieſe gar nicht mehr drücken, wenn ſie darauf mit einer Geſchwindigkeit bewegt würde, die der Endgeſchwindigkeit ihres Falles durch den halben Halbmeſſer der Erde gleich wäre, weil alsdann, wie in der Folge gezeigt werden wird, ihre Fliehkraft der Schwere unter dem Aequator gleich wäre. — Den Widerſtand, welchen die wirklichen Materien in der Welt vermöge einer wirkenden ſtetigen Kraft, die ſie ſollicitirt, leiſten, kann man alſo nicht als Einwurf benutzen, um den Satz zu widerlegen, daß die Trägheit der Materie, im metaphyſiſchen Sinne, keinen Widerſtand derſelben im Zuſtande der Ruhe begründe. So verfahren heißt, den Satz der Trägheit (Lex inertiae) durch den Satz der Gegenwirkung (Lex reactionis) umſtoßen wollen.

§. 63. Die Materie, als bloßer Gegenſtand äußerer Sinne, hat keine andern Beſtimmungen, als die der äußern Verhältniſſe im Raume, und erleidet alſo auch keine Veränderungen, als die ihr räumliches Verhältniß betreffen. In Anſehung dieſer, als Wechſels der Ruhe mit der Bewegung, oder der Bewegung mit Ruhe, oder der einen Bewegung mit einer andern, muß eine Urſach Statt finden. Dieſe Urſach

aber

aber kann nicht innerlich ſeyn, denn die Materie hat keine ſchlechthin innern Beſtimmungen. Folglich iſt alle Veränderung einer Materie auf äußere Urſach gegründet.

§. 64. Hieraus folgt alſo das Geſetz der Trägheit: **Ein jeder Körper beharrt in ſeinem Zuſtande der Ruhe oder Bewegung, in derſelben Richtung und mit derſelben Geſchwindigkeit, wenn er nicht durch eine äußere Urſach genöthigt wird, dieſen Zuſtand zu verlaſſen.**

§. 65. Jeder Körper, welcher ſich bewegt, muß nothwendig an einander gränzende Theile des Raumes durchgehen, da er nicht zugleich in allen Theilen des Raumes auf einmal ſeyn kann. Die Länge dieſes Raums, worin ſich der Körper bewegt, heißt ſeine **Bahn**, oder ſein **Weg**.

§. 66. Wenn ſich bey einem Körper alle Theile durchaus auf einerley Weiſe bewegen, ſo braucht man auch nur die Bewegung eines einzigen Punctes zu betrachten; und jede Bewegung eines Körpers läßt ſich alſo auch als Bewegung eines einzigen Punctes, folglich die Bahn des bewegten Körpers (§. 65.) als eine Linie anſehen. Die gerade Linie nach der Gegend, nach welcher ein bewegter Punct entweder ſeinen ganzen Weg hindurch, oder nur an einer einzelnen Stelle deſſelben, fortgeht, heißt die **Richtung** (Directio) ſeiner Bewegung.

§. 67. Da ein bloß träger beweglicher Körper, eben weil er träge iſt, ſeinen Zuſtand nicht von ſelbſt ändern kann, ſo muß auch bey ſeiner Bewegung die

Bahn,

Bahn, in der er vermöge ſeiner Trägheit beharrt, immer geradlinig ſeyn, und ſeine Richtung muß unverändert ſeyn. Die Aenderung der Richtung iſt Aenderung des Zuſtandes der Bewegung, worein der Körper nicht von ſelbſt kommen kann; und ſo oft ſie erfolgt, muß eine Urſach wirkſam ſeyn, die ſie hervorbringt. Aendert ſich nun durch irgend eine Kraft die Richtung des bewegten Körpers alle Augenblicke und an jeder Stelle des Weges, ſo iſt die Bewegung **krummlinig** (Motus curvilineus), und die Richtung wird an jeder Stelle der krummlinigen Bahn durch die Tangente der krummen Linie an dieſer Stelle beſtimmt.

§. 68. Der Raum, durch welchen ſich die Körper bewegen, heißt auch das **Mittel**, das **Mitteldirg** (Medium). Hier nehmen wir ein ſolches an, das der Bewegung kein Hinderniß entgegenſetzt und keinen Widerſtand zu leiſten vermag. Er heißt alsdann ein freyes oder **leeres Mittel** (Medium vacuum, liberum); ſonſt aber ein **widerſtandleiſtendes** (Medium reſiſtens).

§. 69. Jede Bewegung ſetzt nicht allein einen Raum voraus, worin ſie geſchiehet (§. 65.), ſondern auch eine **Zeit**. Wenn (**Fig.** 3.) die Puncte A und B aus einander liegen, und die Linie AB die Bahn eines Punctes vorſtellt, ſo kann der Punct, der ſich von A nach B bewegt, nicht in A und B zugleich ſeyn. Der Augenblick, da er in A iſt, iſt verſchieden von dem, da er in B iſt. Dies findet Statt, ſo klein auch die Entfernung des Punctes A von B iſt.

Die

Die Dauer zwiſchen dem Uebergange des bewegten Punctes bey ſeiner ſtetigen Ortsveränderung aus einer Stelle ſeiner Bahn in die andere iſt die Zeit. Auch die kleinſte Bewegung erfordert Zeit.

§. 70. Die gleichen Räume nun, die bey einer gleichförmigen Bewegung eines Körpers beſchrieben werden, dienen, die Dauer irgend einer andern Bewegung, oder die Zeit zu meſſen.

So bedienen wir uns im gemeinen Leben der Bewegung der Sonne, ſowohl ihrer jährlichen, als ihrer täglichen, oder vielmehr der Bewegung der Erde um die Sonne und um ihre Achſe, zum Maaß der Zeit: und ein Jahr iſt die Zeit, worin die Erde ihren Umlaufskreis um die Sonne beſchreibt; ein Tag iſt die Zeit, worin die Erdkugel eine ganze Umdrehung um ihre Achſe vollendet. — Eine Stunde iſt die Zeit, worin der Zeiger einer richtig gehenden Minutenuhr den ganzen Raum eines Kreiſes durchläuft; eine Minute iſt die Zeit, worin eben dieſer den 60ſten Theil des Kreiſes beſchreibt, u. ſ. w.

Bey den Aſtronomen heißt wahre Sonnenzeit (Tempus ſolare verum) die, welche vom wirklichen jährlichen Laufe der Sonne gemeſſen wird; mittlere Sonnenzeit (Tempus ſol. medium, aequale) die, bey welcher eine mittlere oder erdichtete Sonne angenommen wird, die ihre Bewegung im Kreiſe gleichförmig vollendet, und zwar in eben der Zeit, in der die wahre Sonne ihren ungleichförmigen Weg zurücklegt. — Der Sternentag (tempus primi mobilis), der durch die immer gleichförmige Umdrehung der Erde um ihre Achſe gemeſſen wird, gewährt uns ein beſtändiges, immer gleichförmiges, Zeitmaaß.

§. 71. Die Vergleichung des Raumes und der Zeit bey der Bewegung eines Körpers giebt den Begriff von der Geſchwindigkeit (Celeritas, Velocitas) deſſelben. Er iſt ein relativer Begriff, und Geſchwindigkeit läßt ſich nur angeben, wenn man eine gewiſſe Zeit oder einen gewiſſen Raum, worin die Bewegung eines Körpers gleichförmig geſchieht, zur Einheit annimmt, und damit eine andere Bewegung vergleicht.

Sie

Sie iſt alſo der Raum, welchen ein Körper in einer zur Einheit angenommenen Zeit durchläuft, oder die Zeit, welche ein Körper braucht, um einen zur Einheit angenommenen Raum zu durchlaufen.

§. 72. Wenn ein Körper in gleichen Zeiten gleiche Räume durchläuft, oder wenn ſeine Geſchwindigkeit gleich bleibt, ſo nennt man ſeine Bewegung eine **gleichförmige Bewegung** (Motus aequabilis, uniformis). Iſt aber die Geſchwindigkeit des Körpers während der Bewegung nicht immer gleich, oder durchläuft er in gleichen Zeiten ungleiche Räume, ſo heißt die Bewegung eine **veränderte** oder **ungleichförmige** (Motus variatus, inaequabilis). Dabey nehmen die in gleichen Zeiten durchlaufenen Räume entweder ab, oder ſie nehmen zu. Im erſtern Falle heißt die veränderte Bewegung eine **verminderte** (Motus retardatus); im letztern eine **beſchleunigte** (Motus acceleratus). Beyde können ſo ſeyn, daß die Geſchwindigkeit in jedem gleich großen Zeittheile gleich ſtark oder ungleich ſtark wächſt oder abnimmt, und daß alſo eine **gleichförmig beſchleunigte** (Motus uniformiter acceleratus), oder **gleichförmig verminderte** (Motus uniformiter retardatus); oder daß eine **ungleichförmig beſchleunigte** (Motus inaequabiliter acceleratus), oder **ungleichförmig verminderte** (Motus inaequabiliter retardatus) Statt findet.

§. 73. Aus der Vergleichung des Raumes und der Zeit bey der gleichförmigen Bewegung der Körper fließen dann folgende Sätze:

1. Die Geſchwindigkeiten zweyer bewegten Körper verhalten ſich wie die durchlaufenen Räume, wenn die Zeiten gleich ſind.
2. Die Geſchwindigkeiten zweyer bewegten Körper verhalten ſich verkehrt wie die Zeiten, wenn die zurückgelegten Räume gleich ſind.
3. Die Geſchwindigkeiten zweyer Körper überhaupt verhalten ſich wie die Producte der Räume in die verkehrt geſezten Zeiten; oder wie die Quotienten der Räume durch die Zeiten

Es folgt hieraus weiter, daß die zurückgelegten Räume zweyer bewegten Körper im zuſammengeſetzten geraden Verhältniſſe der Zeiten und Geſchwindigkeiten ſind; und daß endlich die Zeiten in einem Verhältniſſe ſind, das aus dem geraden der Räume und dem umgekehrten der Zeiten beſteht.

Wenn wir zweyer gleichförmig bewegten Körper Geſchwindigkeiten C, c, ihre zurückgelegten Räume S, $ſ$, und die dazu verwandten Zeiten T, t, nennen, ſo iſt

nach 1), wenn $T = t$, $C : c = S : ſ$,

nach 2), wenn $S = ſ$, $C : c = t : T$.

Nehmen wir nun noch einen dritten Körper an, deſſen Geſchwindigkeit K heißt, und deſſen bey ſeiner Bewegung zurückgelegter Raum dem des erſten Körpers $= S$, und die dazu verwandte Zeit der des zweyten $= t$ ſey, ſo iſt

für den erſten und dritten, (weil $S = S$), $C : K = t : T$,

und für den dritten und zweyten, (weil $t = t$), $K : c = S : ſ$,

folglich für den erſten und zweyten $C : c = St : ſT = \frac{S}{T} : \frac{ſ}{t}$.

Es folgt hieraus weiter, daß $S : ſ = CT : ct$ ſey; ferner, daß $T : t = \frac{S}{C} : \frac{ſ}{c}$ ſey.

§. 74. Jede veränderte Bewegung (§. 72.) ſetzt nach dem Geſetz der Trägheit eine Urſach der veränder=

änderten Geſchwindigkeit voraus, die im Augenblicke der Veränderung wirkſam iſt. Da nun jede veränderte Bewegung für jeden untheilbaren Augenblick, oder jeden unendlich kleinen Zeittheil, als eine gleichförmige angeſehen werden kann, ſo können auch für dieſen Augenblick Räume, Zeiten und Geſchwindigkeiten durch die Geſetze der gleichförmigen Bewegung ausgedrückt werden. Oder man kann ſich jede ungleichförmige Bewegung ſo vorſtellen, als wenn ſie in unendlich kleinen Zeiten gleichförmig wäre, und in jedem unendlich kleinen Zeittheile ein unendlich kleiner Theil des Raumes mit der unveränderten Geſchwindigkeit zurückgelegt würde, welche der bewegte Punct im Anfange dieſes Zeittheilchens hatte. Wenn nun eine unveränderliche und ſtetige Kraft auf den Körper wirkt, und während ſeiner ganzen Bewegung zu wirken fortfährt, ſo muß er in eine gleichförmig beſchleunigte Bewegung kommen (§. 72.). Die Geſchwindigkeit, mit der er ſchon bey ſeiner Trägheit durch den erſten Impuls der Kraft fortgehen würde, muß durch die ununterbrochen fortdauernde Einwirkung der Kraft ſtetig zunehmen und wachſen, und die Zunahme dieſer Geſchwindigkeiten muß alſo in gleichen Zeiten gleich ſeyn. Hier wächſt zwar nun in jedem noch ſo kleinen Zeittheilchen die Geſchwindigkeit nach dem Geſetz der Stetigkeit, und die Geſchwindigkeit iſt in jedem folgenden Zeitpuncte ſchon größer, als im vorhergehenden; man kann aber annehmen, daß die Geſchwindigkeit durch das ganze Zeittheilchen ſo groß bliebe, als ſie im Anfang deſſelben war, und

daß erſt nach Endigung des Zeittheilchens der Zuſatz der Geſchwindigkeit urplötzlich hinzukäme, der eigentlich während des Zeittheilchens allmählig hinzukam. Dieſe am Ende des Zeittheilchens vom Anfang deſſelben an erlangte Geſchwindigkeit kann man die **Endgeſchwindigkeit** (Velocitas finalis) nennen.

§. 75. Die Endgeſchwindigkeiten (§. 74.) müſſen ſich bey der gleichförmig beſchleunigten Bewegung, wie die unendlich kleinen Zeittheile, oder, wie die Zeit vom Anfange der Bewegung an, verhalten, weil der bewegte Körper in einem jeden unendlich kleinen Zeittheile einen neuen Eindruck erhält, der ſich mit den bereits empfangenen vereinigt.

Wenn wir die Endgeſchwindigkeit v und das Zeittheil t nennen, ſo iſt $v = t$, und $v : V = t : T$.

§. 76. Man kann daher dieſe erlangten Grade der Endgeſchwindigkeiten durch die Reihe der natürlichen Zahlen 1, 2, 3, 4, 5, u. ſ. w. vorſtellen, weil ſie wie die Zeittheile ſelbſt wachſen.

§. 77. Wenn der Körper mit der Geſchwindigkeit, die er bey der gleichförmig beſchleunigten Bewegung in einem endlichen und beſtimmten Zeittheile erlangt hat, hernach gleichförmig fortginge, ſo würde dieſe Geſchwindigkeit ihn in dem zweyten dem erſten ähnlichen Zeittheile durch einen doppelt ſo großen Raum führen, als die in einem und demſelben Zeittheile erhaltene zunehmende Geſchwindigkeit. Der Raum wird ſich alſo bey dieſer gleichförmig beſchleunigten Bewegung verhalten, wie die Zeit mit der Hälfte der Endgeſchwindigkeit multiplicirt; und der gleichförmig beſchleunigte Körper wird in einer gegebenen Zeit nur

nur halb ſo weit gehen, als ihn in eben der Zeit ſeine darin erlangte Endgeſchwindigkeit geführt haben würde.

Wenn der Raum ſ heißt, ſo wird $ſ = \frac{vt}{2}$, und $ſ : S = \frac{vt}{2} : \frac{VT}{2} = vt : VT$.

Wenn die Zeiten gleich ſind, ſo verhalten ſich die Räume der Bewegung, wie die Geſchwindigkeiten (§. 73.). Im gegenwärtigen Falle aber ſind die Zeittheile gleich, folglich werden ſich auch die Räume wie die Geſchwindigkeiten verhalten. Weil aber nun eine gleichförmige Geſchwindigkeit doppelt ſo groß iſt, als eine zunehmende, wenn ſie in einerley Augenblick erhalten werden, ſo wird auch der vermöge einer gleichförmigen Geſchwindigkeit durchlaufene Raum doppelt ſo groß ſeyn, als der Raum, der in eben der Zeit durch die wachſende Geſchwindigkeit zurückgelegt wird.

Dieſe Geſetze ſucht man auch durch Hülfe eines rechtwinkligen Triangels anſchaulich zu machen. Es zeige (Fig. 4.) in dem rechtwinkligen Triangel AB die Zeit, und BC die in dieſer Zeit erlangte Endgeſchwindigkeit an. Die Höhe BA ſey in Theile getheilt, die wir als unendlich klein und einander gleich annehmen, AD, DE, EF, u. ſ. f. Da BA die endliche und beſtimmte Zeit ausdrückt, ſo wird jeder in dieſer Höhe BA genommene Theil die unendlich kleinen Augenblicke vorſtellen. Wenn wir nun aus den Theilungspuncten D, E, F, u. ſ. f. die Ordinaten Dd, Ee, Ff, u. ſ. f. ziehen, ſo wird jede Ordinate die in jedem unendlich kleinen Augenblicke erhaltene Geſchwindigkeit vorſtellen; und ſo wie eine durch eine ſtetige Kraft zunehmende Geſchwindigkeit gleichförmig wächſt, ſo wächſt auch jede Ordinate gleichförmig, nach eben der Progreſſion, 0, 1, 2, 3, 4, u. ſ. f. Wenn Dd den im erſten Augenblicke AD erhaltenen Grad der Geſchwindigkeit ausdrückt, ſo wird Ee den Grad der Geſchwindigkeit ausdrücken, der im zweyten Augenblicke DE erhalten worden. Weil aber Dd : Ee = AD : AE = 1 : 2, u. ſ. f., ſo werden ſich alſo dieſe Endgeſchwindigkeiten wie die Zeittheile verhalten (§. 75.), und die Endgeſchwindigkeiten Dd, Ee, Ff, u. ſ. f. durch die Reihe der natürlichen Zahlen 1, 2, 3, u. ſ. f. vorſtellen laſſen (§. 76.). Da der Raum dem Producte der Zeit in die Geſchwindigkeit gleich iſt (§. 73.), ſo kann der Flächeninhalt des Dreyecks ABC den Raum vorſtellen, der in der Zeit AB mit der ſtetig wachſenden Geſchwindigkeit, die am Ende der Zeit durch BC ausgedrückt wird, beſchrieben worden iſt. Wenn nun die Geſchwindigkeit, die am Ende der endlichen Zeit AB durch die Grundlinie BC des Triangels ABC ausgedrückt wird, nicht weiter zunähme, ſondern nun der Körper in der zweyten, der erſten AB ähnlichen, Zeit damit gleichförmig fortginge, ſo würde die Geſchwindigkeit dieſes zweyten Zeitraums durch die Ordinaten eines Recht-

ecks

ecks BCKL von eben der Grundfläche und Höhe, als der Triangel ABC iſt, vorgeſtellt werden. Da aber dieſer Triangel nur die Hälfte des Rechtecks von eben der Grundfläche und Höhe iſt, ſo iſt auch die in einem endlichen und beſtimmten Zeitraume erlangte Geſchwindigkeit, die ſich gleichförmig bleibt, doppelt ſo groß, als eine in demſelben Zeitraume erlangte zunehmende Geſchwindigkeit.

§. 78. Es folgt hieraus ferner, daß die Räume, welche ein Körper bey dieſer gleichförmig beſchleunigten Bewegung in verſchiedenen gleich großen Zeittheilen hinter einander zurücklegt, wie die ungeraden Zahlen 1, 3, 5, 7, 9, u. ſ. f. wachſen; oder er wird im zweyten Zeittheile 3mal, im dritten 5mal u. ſ. w. ſo vielen Raum zurücklegen, als im erſten Zeittheile.

Der im zweyten Zeittheile DE (Fig. 4.) zurückgelegte Raum = dem Trapezio DdEe iſt 3mal ſo groß, als das Dreyeck ADd, und der im dritten Zeittheile EF beſchriebene Raum des Trapezii EeFf iſt 5mal ſo groß, als ADd, u. ſ. f.

Im erſten Zeittheile AD nämlich beſchrieb der Körper durch die wachſende Geſchwindigkeit den Raum = ADd; die am Ende dieſes Zeittheils erhaltene Endgeſchwindigkeit Dd würde den Körper in dem folgenden gleichgroßen Zeittheile DE durch einen noch einmal ſo großen Raum DdEx führen (§. 77.), oder der Körper würde bey ſeiner Trägheit gleichförmig fortgehen; aber die ſtetige Kraft wirkt während dieſes zweyten Zeittheils auf ihn fort, und bringt ihm wiederum ſo viel neue Geſchwindigkeit während dieſes zweyten Zeittheils hinzu, als im erſten, ſo daß er auch noch außer dem Raume DdEx, den er bey ſeiner Trägheit allein durchlaufen würde, den Raum dxe durchlaufen muß. Er legt alſo in dem zweyten Zeittheile einen 3mal ſo großen Raum zurück, als im erſten. Am Ende des zweyten Zeittheils wird der Körper die Endgeſchwindigkeit Ee haben, und bey ſeiner Trägheit darin beharren. Er würde im dritten Zeittheile den Raum EeFo zurücklegen, aber während dieſes dritten Zeittheils wirkt die ſtetige Kraft auf ihn fort, und bringt ihm einen Zuſatz von Geſchwindigkeit bey, ſo daß er noch außerdem durch den Raum eof = ADd geht, und alſo im dritten Zeittheile einen Raum beſchreibt, der durch das Trapezium EeFf = 5mal ADd ausgedrückt wird, u. ſ. f.

§. 79. Es verhalten ſich dieſemnach die Räume, welche vom Anfange der gleichförmig beſchleunigten Be-

Bewegung an zurückgelegt werden, wie die Quadrate der Zeiten vom Anfang der Bewegung an, oder wie die Quadrate der erlangten Endgeſchwindigkeiten (§. 75.).

Es iſt alſo $ſ = v^2 = t^2$, und $S : ſ = V^2 : v^2 = T^2 : t^2$.

Wenn nämlich der Raum im erſten Zeittheile = 1 geſetzt wird, ſo wird er bey dieſer beſchleunigten Bewegung im zweyten Zeittheile allein = 3, im dritten Zeittheile allein = 5, u. ſ. f. ſeyn (§. 78.); folglich wird er in den zwey erſten Zeittheilen zuſammen 1 + 3 = 4, in den drey erſten Zeittheilen zuſammen 1 + 3 + 5 = 9 ausmachen. 4 und 9 ſind aber die Quadratzahlen von 2 und 3, oder von den Zeiten vom Anfang der Bewegung an.

Wenn der nach dem erſten Zeittheile AD (Fig. 4.) beſchriebene Raum = ADd = 1 iſt, ſo wird der durch gleichförmig beſchleunigte Bewegung nach zwey Zeittheilen AD + DE beſchriebene Raum = AEe = 4mal ADd, und der nach drey Zeittheilen AD + DE + EF zurückgelegte Raum = AFf = 9mal ADd ſeyn, u. ſ. f. Oder es verhält ſich das Dreyeck AEe zum Dreyeck ADd, wie $AE^2 : AD^2 = Ee^2 : Dd^2$.

§. 80. Die ſtetige Kraft, welche die beſchleunigte Bewegung der Maſſe hervorbringt, heißt, in ſo fern ſie auf alle Theile der Maſſe zuſammen gleichförmig wirkt, die **bewegende Kraft** (Vis motrix); die **beſchleunigende Kraft** (Vis acceleratrix) hingegen, in ſo fern ſie auf jeden einzelnen Theil der Maſſe wirkt. Jene iſt alſo das Product der beſchleunigenden Kraft in die Qualität der Maſſe, die davon afficirt wird.

Wenn wir alſo die bewegende Kraft P, die beſchleunigende Kraft f, und die Maſſe M nennen, ſo iſt $P = f \,.\, M$, und $P : p = fM : fm$, und eben ſo iſt auch $f = \frac{P}{M}$.

Ferner folgt hieraus, daß das Product der bewegenden Kraft in die Zeit gleich ſey dem Producte der Maſſe in die Geſchwindigkeit; oder $PT = MV$, und $PT : pt = MV : mv$; daß die bewegenden Kräfte durch die Quadrate der Zeiten multiplicirt ſich verhalten wie die Maſſen durch die durchlaufenen Räume multiplicirt, oder $PT^2 = MS$, und $PT^2 : pt^2 = MS : mſ$; und daß die bewegenden Kräfte durch die Räume multiplicirt ſich verhalten wie die Maſſen

multiplicirt durch die Quadrate der Geſchwindigkeiten, oder $PS = MV^2$, und $PS : p\mathit{ſ} = MV^2 : mv^2$.

Eben ſo iſt auch $ft = v$, $ft^2 = \mathit{ſ}$, und $f\mathit{ſ} = v^2$.

§. 81. Eine oder mehrere Kräfte, die nur nach einerley Richtung wirken, können den Körper auch nur nach der geraden Linie bewegen. Die Bewegung, wo ein Körper durch eine Kraft nur nach einerley Richtung getrieben wird, heißt eine **einfache Bewegung** (Motus ſimplex), und man ſieht leicht ein, daß jede einfache Bewegung ſtets gradlinig ſeyn müſſe.

§. 82. Kräfte, die auf verſchiedene bewegliche Puncte wirken, heißen **gleiche Kräfte**, wenn ſie ihnen gleiche Geſchwindigkeit ertheilen.

Hier, wo nur von beweglichen Puncten die Rede iſt, wird die Größe der Bewegung nur aus der Geſchwindigkeit ermeſſen. Bey Körpern, die durch eine ſtetige Kraft zum Widerſtande ſollicitirt werden, muß die Maſſe allerdings mit zum Maaß der Größe der Bewegung genommen werden.

§. 83. **Zwey gleiche Kräfte (82.), die zu gleicher Zeit auf einen beweglichen Punct nach entgegengeſetzten Richtungen wirken, heben ſich einander auf, und verurſachen keine Bewegung.**

Anwendung auf Segners hydrauliſche Maſchine, die in der Folge weiter angezeigt werden wird. Bringt man je zwey Oeffnungen der vier Seitenarme dieſer Maſchine gegen einander über, ſo wird ſie durch das ausſtrömende Waſſer nicht bewegt.

§. 84. **Wenn zwey ungleiche Kräfte zu gleicher Zeit nach entgegengeſetzter Richtung auf einen beweglichen Punct wirken, ſo erfolgt die Bewegung nach der Richtung der größern Kraft, und zwar mit der Differenz beyder Kräfte.** Hier iſt die Bewegung ebenfalls nur einfach, denn ſie erfolgt nur nach der Richtung einer einzigen Kraft.

Anwendung auf die vorige Maſchine, an der die Oeffnungen von drey Seitenarmen nach einerley, die Oeffnung des vierten Armes nach der entgegengeſetzten Richtung geſtellt iſt.

§. 85. Wenn die Richtung der bewegenden Kräfte einander nicht entgegengeſetzt iſt, ſo müſſen ſie einen Winkel einſchließen. Da nun ein Körper, der von beyden zugleich getrieben wird, weder nach beyden zugleich gehen, noch ruhen kann; ſo muß er ſich nach einer dritten Richtung bewegen. Man ſieht leicht ein, daß dies die Diagonallinie des Parallelogramms ſeyn werde, von welchem beyde Richtungen einen Winkel einſchließen, und daß er jene in eben der Zeit durchlaufen würde, welche er gebraucht hätte, wenn er durch jede einzelne Kraft die einzelnen Linien durchlaufen wäre, die den Winkel einſchließen.

Geſetzt, ein beweglicher Punct werde durch eine Kraft AB (Fig. 5.) nach der Direction AB, und durch eine andere Kraft AC, die mit der vorigen einen Winkel einſchließt, nach der Richtung AC zu gleicher Zeit ſich zu bewegen getrieben, ſo kann er nicht nach AB und AC zu gleicher Zeit gehen. Er kann aber auch nicht ruhen; denn dies könnte er nur, wenn AB und AC ſich einander directe entgegengeſetzt und gleich wären. Es bleibt kein anderer Weg für ihn, als der mittlere übrig, und dies iſt die Diagonallinie AD des Parallelogramms, das auf die Linien AB und AC aufgeſetzt werden kann. Geſetzt, die beyden Kräfte wirkten nicht zu gleicher Zeit, ſondern nach einander, ſo wird der bewegliche Punct erſt nach B, und von da durch die Kraft AC = BD nach D geführt werden, und er wird alſo eben da ſeyn, wo er auf dem Wege durch die Diagonallinie angelangt ſeyn würde. Da hier die Bewegungen gleichförmig angenommen werden, ſo wird er, falls die Kräfte einzeln nach einander wirken, in der Hälfte der Zeit durch Ab = $\frac{1}{2}$ AB, und hernach durch bd = Ac = $\frac{1}{2}$ AC geführt werden, und in d, auf der Mitte der Diagonale AD, anlangen. Kurz, er wird am Ende jedes Zeittheilchens, wenn die Kräfte ihn einzeln führen, auf irgend einen Punct der Diagonale ſeyn, und alſo am Ende der ganzen Zeit die gerade Linie AD beſchrieben haben.

§. 86. Die Bewegung des Körpers heißt in dieſem Falle eine **zuſammengeſetzte Bewegung** (Mo-

tus compoſitus), und man verſteht unter derſelben überhaupt eine jede Bewegung eines Körpers, der von zwey oder mehrern Kräften zugleich getrieben wird, deren Richtungen nicht in einerley gerade Linien fallen. Die beyden Kräfte, deren Richtungen einen Winkel einſchließen, heißen die **äußern Kräfte**; die Bewegung durch die Diagonallinie ſieht man als durch eine **mittlere Kraft** hervorgebracht an.

§. 87. Das Geſetz der zuſammengeſetzten Bewegung heißt dieſemnach: **Wenn ein beweglicher Punct von zwey Kräften zugleich nach der Lage der Seiten eines Parallelogramms getrieben wird, ſo durchläuft er die Diagonallinie deſſelben in eben der Zeit, worin er die einzelnen Seiten durchlaufen wäre, welche die Richtungen der beyden Kräfte vorſtellen.**

Beſtätigung durch Verſuche mit der Eberhardſchen Diagonalmaſchine; Anwendung auf ein an beyden Ufern eines Fluſſes gezogenes Schiff; Anwendung auf den Fall eines Körpers von dem Maſtbaum eines Schiffes, das in vollem Segeln iſt; u. dergl. Anwendung zur Widerlegung eines Einwurfs gegen die Umdrehung und Bewegung der Erde.

§. 88. Wenn die Länge der beyden Seitenlinien AB, AC (Fig. 5.) die Größe der Kräfte, die zu gleicher Zeit auf den beweglichen Punct wirken, oder ihre Geſchwindigkeit, und die Neigung derſelben gegen einander ihre Richtung ausdrückt, ſo drückt die Diagonale AD des Parallelogramms, das auf dieſe Linien errichtet iſt, die Größe der Kraft oder die Geſchwindigkeit aus, welche aus den ſie zuſammenſetzenden Kräften und aus ihrer gleichzeitigen Wirkung entſpringt.

§. 89.

§. 89. Da die Diagonale eines Parallelogramms nie ſo groß ſeyn kann, als die Summe ſeiner beyden Seiten, ſo muß auch die durch dieſe Zuſammenſetzung entſtandene mittlere Kraft (§. 86.) oder Geſchwindigkeit kleiner ſeyn, als die Kraft oder Geſchwindigkeit, welche aus den beyden äußern Kräften entſtanden wäre, wenn ſie unmittelbar hinter einander gewirkt hätten. Der Raum, welchen der Körper bey dieſer Art der zuſammengeſetzten Bewegung durchläuft, iſt alſo nie ſo groß, als die Summe der beyden Räume der einzelnen Bewegung geweſen ſeyn würde.

§. 90. Der bey der zuſammengeſetzten Bewegung durchlaufene Raum iſt deſto größer, je kleiner der Winkel wird, welchen die Richtungen der einzelnen Kräfte einſchließen, oder je mehr ſie **conſpiriren**; deſto kleiner, je größer dieſer Winkel wird, oder je mehr ſie **divergiren**.

Je kleiner nämlich der Winkel CAB (Fig. 5.) der Seitenkräfte wird, deſto weniger ſind ſich dieſe entgegengeſetzt, und deſto mehr wird alſo auch ihre Wirkung conſpiriren; und je größer der Winkel wird, deſto mehr werden die Seitenkräfte ſich einander entgegengeſetzt, deſto größer wird der Verluſt derſelben ſeyn.

Wenn wir GF und GH (Fig. 6.) eben ſo groß nehmen, als vorher AB und AC (Fig. 5.), aber ſie unter einem kleinern Winkel zuſammen auf den beweglichen Punct wirken laſſen, ſo wird die Diagonale GD größer werden, als vorher AD (Fig. 5.) war; und wenn eben dieſe Kräfte HG und HD = GF (Fig. 6.) unter einem größern Winkel zuſammen auf den beweglichen Punct wirken, ſo wird die Diagonale HF, die er durchläuft, kleiner werden, als AD (Fig. 5.).

§. 91. Jede einfache Bewegung (§. 81.) läßt ſich anſehen, als ob ſie aus zwey Kräften zuſammengeſetzt wäre, deren Richtungen einen Winkel einſchlie-

ßen;

ßen, und von deren gemeinſchaftlichen Wirkungen die durch die einfache Kraft hervorgebrachte Richtung die mittlere wäre, da es erlaubt iſt, jede gerade Linie als die Diagonale eines Parallelogramms ſich vorzuſtellen. Es läßt ſich alſo eine jede Kraft in zwey andere gleichwirkende zerlegen.

§. 92. Wenn ein beweglicher Punct durch drey oder mehrere Kräfte getrieben wird, die nach verſchiedenen, nicht entgegengeſetzten, Richtungen auf ihn wirken, ſo kann man den Weg finden, den er bey ſeiner Bewegung nimmt, wenn man erſt zwey davon zuſammenſetzt, die daraus entſtandene zuſammengeſetzte Bewegung als eine einfache betrachtet, und mit der dritten wieder zuſammenſetzt, u. ſ. w.

Geſetzt, ein beweglicher Punct wird (Fig. 7.) durch die Kräfte AB, AC, AD und AE zu gleicher Zeit ſollicitirt, ſo kann man erſt AB und AC zuſammenſetzen, und die gefundene mittlere Kraft Af als eine gleichwirkende einfache anſehen, dieſe wieder mit der aus AD und AE zuſammengeſetzten Ag zuſammenſetzen, und aus dieſen beyden Kräften Af und Ag die Richtung und Größe der Kraft beſtimmen, welche alle vorige einfache Kräfte zuſammengenommen hervorbrachten, indem man die Diagonale AK des Parallelogramms AfgK zieht, wovon die beyden gefundenen Kräfte Af und Ag die Seitenlinien ausmachen.

§. 93. Ein beweglicher Punct bewegt ſich gegen eine Fläche **gerade**, wenn ſeine Directionslinie auf der Fläche ſenkrecht ſteht; wenn hingegen dieſe mit der Fläche einen ſchiefen Winkel macht, ſo heißt man die Bewegung eine **ſchiefe**. Der Stoß an eine Kugel geht alſo gerade (directe), wenn die Directionslinie deſſelben verlängert durch den Mittelpunct der Kugel geht; in übrigen Fällen geht er **ſchief** (oblique).

§. 94.

§. 94. Die Kraft, welche in einer ſchiefen Direction auf eine Fläche wirkt, kann, wie eine jede einfache Kraft überhaupt (§. 91.), als eine aus zwey andern zuſammengeſetzte Kraft betrachtet werden, wovon eine auf der Fläche ſenkrecht ſteht, die andere aber mit der Fläche parallel fortläuft.

Wenn eine Kraft in der ſchiefen Direction CD (Fig. 8.) auf die Fläche AB wirkt, ſo wird ſie nicht mit der Intenſität darauf wirken, als wenn ſie ſenkrecht auf AB ſtünde. Nach dem Satze von der Zerlegung der Kräfte (§. 91.) beſteht CD aus der Kraft CE und CA = ED. CE geht parallel mit AB, hat alſo darauf keine Wirkung, folglich wirkt nur die Kraft ED nach der Direction ED, und die Größe dieſes wirkenden Theils verhält ſich zur unverminderten Kraft, wie ED : CD. Je kleiner der Winkel CDA wird, welchen CD mit AB macht, deſto kleiner wird die Größe der Wirkung von CD werden; denn deſto kleiner wird ED, und umgekehrt.

§. 95. **Jede Wirkung der bewegenden Kraft geſchiehet nur nach der Perpendikellinie, die von ihr auf die Fläche des Beweglichen gezogen werden kann, und bey einer ſchiefen Richtung wirkt nur ein Theil der Kraft.**

Anwendung hiervon auf das Billard, auf die Bewegung eines Schiffes, dem der Wind nicht ganz günſtig iſt, auf die Bewegung der Flügel einer Windmühle, die ſchief gegen den Wind ſtehen.

Es ſey (Fig. 9.) eine Kugel AFG im Durchſchnitt durch ihren Mittelpunct c vorgeſtellt. Sie erleide auf ihrer Peripherie in A einen Stoß nach der Direction AB, ſo daß AB auch die Größe und Geſchwindigkeit der Kraft ausdrücke. Die Kugel wird ſich keinesweges in dieſer Richtung bewegen, indem AB ſchief auf der Fläche derſelben ſteht, wie alle Linien, welche nicht nach dem Mittelpunct der Kugel zu gerichtet ſind. Nach dem Satze von der Zerlegung der Kräfte (§. 91.) können wir AB zerlegen in AM und AD; die letztere läuft nach der Richtung der Tangente von A, tAD, ſie kann alſo die Kugel nicht in Bewegung ſetzen und nicht darauf wirken, welches nur von AM geſchehen kann, die auf der Kugel ſenkrecht iſt, weil ſie nach c, dem Mittelpunct der Kugel, zu gerichtet iſt. Die Bewegung der Kugel geſchiehet alſo nach M, und immer nach einer Richtung, die auf dem Puncte des Eindrucks der

Kraft

Kraft ſenkrecht iſt. Die Kraft AB leidet bey dieſer ſchiefen Richtung ebenfalls einen Verluſt, d. h. ihre Wirkung iſt nicht ſo groß, als bey der ſenkrechten, und die Größe, mit der ſie wirkt, verhält ſich zu ihrer unverminderten Größe wie AM : AB. Sie wirkt nur mit dem Theile der Kraft, der in ihrer Senkrechtheit enthalten iſt.

§. 96. Nach den bisher betrachteten Arten der Bewegung, ſowohl der einfachen, als der zuſammengeſetzten, muß der bewegte Punct einen Weg zurücklegen, der eine gerade Linie iſt, und dieſe geradlinige Bewegung (Motus rectilineus) bey ſeiner Trägheit ſo lange behalten, bis eine andere Urſach ihn daraus verſetzt. Wenn alſo ein Körper eine krummlinige Bewegung (Motus curvilineus) hat, ſo muß wenigſtens noch eine Kraft wirkſam ſeyn, die ihn von ſeiner geradlinigen Bahn ablenkt, und dieſe Kraft muß ſtets und in jedem Augenblicke wirkſam ſeyn, ſonſt würde der Körper nach der Tangente ſeiner Bahn geradlinig fortgehen.

§. 97. Jede krummlinige Bewegung iſt alſo eine zuſammengeſetzte Bewegung, und ſie erfolgt, wenn ein nach geradliniger Bahn durch eine Kraft getriebenes Bewegliches durch eine andere ſtetige Kraft nach einem unveränderlichen Puncte abgelenkt wird, der außerhalb der Richtung ſeiner Bewegung liegt. Da die Richtungen beyder Kräfte einen Winkel einſchließen, ſo kann man ſich vorſtellen, daß die Bewegung nach der Diagonallinie eines Parallelogramms erfolge; daß dieſe Diagonallinie aber unendlich klein ſey, und daß dieſerhalb das Bewegliche in jedem Augenblicke eine andere unendlich kleine Diagonallinie beſchreiben müſſe, indem die Kraft, die es nach einem

Puncte

Puncte treibt, ſtetig ſeyn ſoll, folglich es in allen Augenblicken von der geradlinigen Bahn ablenkt, die es ſich ſelbſt überlaſſen fortgehen würde.

Beyſpiel an einer Schleuder.

Es befinde ſich ein beweglicher Punct in A (Fig. 10.), und werde durch irgend eine Kraft in der Richtung Aa getrieben, ſo daß Aa auch die Geſchwindigkeit, oder den Raum in der Zeiteinheit angiebt; zu gleicher Zeit werde A durch eine andere Kraft nach C zu ſollicitirt, und dieſe Kraft ſey ſo groß, daß ſie A allein, in eben der Zeit, da er Aa zurücklegt, durch Aα führen würde. Es iſt aus dem Vorhergehenden klar, daß der Körper A hier die Diagonale AB des auf die Linien Aa und Aα geſetzten Parallelogramms durchlaufen werde. Wenn er in B angelangt iſt, und nun keine andere Kraft weiter auf ihn wirkte, ſo würde er in einer gleichförmigen Bewegung fortgehen, und in der Zeiteinheit Bb = AB zurücklegen; aber bey ſeiner Ankunft in B ſoll die Kraft, die ihn nach C zu ſollicitirt, abermals wirkſam werden, und ihn eben ſo ſtark nach C zu beſchleunigen, als da er in A war, ſo wird er wieder in dieſer zweyten Zeiteinheit die Diagonale BD des Parallelogramms beſchreiben, das auf die Seitenlinien Bβ und Bb aufgeſetzt iſt. In der dritten Zeiteinheit würde er ſich ſelbſt überlaſſen durch Dd = BD gleichförmig fortgehen; aber in D treibt ihn eine Kraft wieder nach C mit einer Größe Dγ = Aα, und er durchläuft ſo in dieſer dritten Zeit die Diagonale DE des Parallelogramms DdγE, u. ſ. f.

Der wahre Weg des Punctes A iſt alſo ABDE und weil die Ablenkungen deſſelben von der geradlinigen Bahn nur in den Stellen A, B, D angenommen worden ſind, ſo wird jener ein Theil des Umfanges von einem Vielecke ſeyn, wie man finden wird, wenn man ſich die Mühe nimmt, den Weg ferner durch genaue Zeichnung aufzuſuchen, wobey es ſich zugleich ergiebt, daß die anfänglich wachſenden Diagonalen hernach wieder abnehmen, dann wieder wachſen, und zuletzt wieder abnehmen.

Wenn nun die Kraft Aα nicht unterbrochen und bloß in A, B und D, ſondern ſtetig wirkt, und alſo A in jedem unendlich kleinen Zeittheilchen von der geraden Linie Aa ablenkt, ſo beſchreibt er alle Augenblicke eine andere unendlich kleine Diagonale AB, oder er hat alle Augenblicke eine andere Richtung; folglich beſchreibt er eine gegen C hohle krumme Linie.

§. 98. Am Ende jedes einzelnen Augenblicks befindet ſich bey dieſer krummlinigen Bewegung das Bewegliche in der Richtung der Tangente, die durch den

den Punct gezogen werden kann, in welchem es am Ende dieſes Augenblickes iſt, und nach der Richtung dieſer Tangente ſucht es jeden Augenblick zu entfliehen.

Wenn der bewegliche Punct A (Fig. 10.) durch eine Kraft nach der Richtung Aa getrieben, und durch eine andere Kraft Aα von dieſer Richtung ſtetig abgelenkt wird, ſo wird AB eine krumme Linie, wie in Fig. 11. Ab es iſt, die durch die ſtetige Wirkung der Kraft Aa auf den Körper, der nach AB ſich zu bewegen getrieben wird, nach C zu hervorgebracht wird. Befindet ſich nun der Körper in B, ſo ſucht er in der Richtung der Tangente Bb, die auf den Punct B (Fig. 10.) gezogen werden kann, nach b zu entfliehen; eben ſo auch, wenn er in D angelangt iſt, nach der Richtung der Tangente Dd, u. ſ. f.

§. 99. Die Kraft, welche das Bewegliche ſtetig von der Richtung der Tangente zu der durchlaufenen krummen Linie zurückbringt, heißt die **Centripetalkraft** (Vis centripeta); die Bewegung ſelbſt heißt auch **Centralbewegung** (Motus centralis), und der Punct, nach welchem das Bewegliche ſtets abgelenkt oder gezogen wird, der **Mittelpunct der Kräfte** (Centrum virium).

§. 100. Weil die zuſammengeſetzte Bewegung eines Puncts durch den Bogen Ab (Fig. 11.) zerlegt werden kann in die Kraft, die den Körper in der Direction AB ſollicitirt, welche die Tangente des krummen Elements Ab oder des Puncts A iſt, und in die Kraft, die ihn nach der Richtung AC ſollicitirt, welche auf dem Elemente Ab oder der Tangente AB perpendiculär iſt; ſo nennt man jene Kraft die **Tangentialkraft** (Vis tangentialis), dieſe, die mit der Centripetalkraft einerley iſt, die **Normalkraft** (Vis normalis). Die Tangentialkraft AB läßt ſich, wie jede einfache Kraft, als zuſammengeſetzt annehmen, als ob ſie aus bA und bB beſtünde.

Der

Der Theil bB der Tangentialkraft AB, der in der Richtung des Radii BC iſt, heißt die **Centrifugalkraft** (Vis centrifuga). Dieſer Theil iſt der Centripetalkraft Aa gleich und entgegengeſetzt, und der übrige Theil Ab iſt es, welcher macht, daß der Körper in der Bewegung beharrt. Die Wirkung der Centripetalkraft wird durch die linie Bb ausgedrückt, durch welche der Körper von der Tangente AB weggezogen wird; und dieſe linie Bb iſt der Raum, welchen der Körper in der gegebenen Zeit, da er den Bogen Ab zurücklegt,[1] durch die Wirkung der Centripetalkraft allein durchlaufen würde, und heißt das **Maaß der Centripetalkraft** (Menſura vis centripetae). Dieſe Centripetalkraft und Centrifugalkraft zuſammen nennt man die **Centralkräfte** (Vires centrales).

§. 101. Es iſt alſo eine doppelte Kraft nöthig, wenn ein Körper in einer krummen linie bewegt werden ſoll, eine Normal- und eine Tangentialkraft, wovon jede, wenn die andere aufhörte, ihre ganze Wirkung verrichten würde. Wenn die Tangentialkraft plötzlich nachließe, ſo würde der Körper durch die Normalkraft nach dem Mittelpunct der Kräfte C (Fig. 11.) geführt werden; und wenn die Normalkraft auf einmal aufhörte, ſo würde der Körper in ſeiner Richtung nach der Tangente fortgehen.

* * *

Wegen der ſo wichtigen Anwendung, die man von der Lehre von den Centralbewegungen und Centralkräften in der Phyſik machen kann, und ohne welche ſich die Lehre von der Bewegung der Himmelskörper ſchlechterdings nicht gründlich vortragen und erlernen läßt, halte ich es für nöthig, hier etwas mehr davon beyzubringen. Man kann es nach Gefallen beym Vortrag überſchlagen, oder weiter erläutern.

1) Die

1) Die bey den Centralbewegungen aus dem Mittelpuncte der Kräfte C (Fig. 10) in den beweglichen Punct auf der krummlinigen Bahn gezogenen Linien CA, CB, CD u. ſ. w. heißen die Radii vectores; der Raum ACB, BCD, u. ſ. w. zwiſchen zweyen Radii vectores AC und CB, CB und CD, u. ſ. w. und dem Bogen AB, BD, u. ſ. w., den ſie einſchließen, und den das Mobile in der gegebenen Zeit durchläuft, der Flächenraum (Area), welchen der bewegliche Punct mit dem Radius vector durchläuft. Dieſe bey einer Centralbewegung in der krummlinigen Bahn vom beweglichen Puncte mit ſeinen Radii vectores beſchriebenen Flächenräume verhalten ſich wie die Zeiten, in denen ſie durchlaufen worden ſind.

Wenn die Kraft $A\alpha$ (Fig. 10.), die den Körper A von der geradlinigen Richtung ſeiner Tangentialkraft Aa ablenkt, ſtetig nach C wirkt, ſo wird die Bahn ABDE krummlinig. Nehmen wir nun zugleich AB, BD und DE unendlich klein, ſo ſind es unendlich kleine Bogen, die wir wieder für gerade Linien halten können. Der Körper in A habe eine determinirte Geſchwindigkeit, um in dem Zeitelemente durch Aa zu geben, er werde aber in eben dieſem Zeittheilchen gegen den Mittelpunct durch $A\alpha$ gezogen; er wird dann die Diagonale AB des Parallelogramms $AaB\alpha$ in dieſem Zeittheilchen beſchreiben, und in B eine Geſchwindigkeit haben, die ihn im folgenden Zeitelemente nach der geraden Linie durch Bb = AB führen würde. Die Centripetalkraft wirkt aber von neuem, und zieht ihn aus B in β durch $B\beta$, er durchläuft alſo eine neue Diagonale BD vom Parallelogramm $BbD\beta$, u. ſ. w. Der Radius vector CA, CB, CD, CE beſchreibt in der einfachen Zeit den Flächenraum ACB, in der doppelten Zeit den Flächenraum ACB + BCD. Es iſt aber der Flächenraum BCD = ACB, denn die Dreyecke ACB und BCb haben gleiche Grundlinien AB = Bb, und das gemeinſchaftliche Perpendikel CB zur Höhe; es iſt alſo ACB = BCb. Da nun ferner die Dreyecke BCb und BCD zwiſchen einerley Parallelen BC und bD liegen, und eine gemeinſchaftliche Grundlinie BC haben, ſo iſt auch BCD = BCb, und folglich BCD = ACB. Es iſt alſo der vom Radius vector in der einfachen Zeit beſchriebene Flächenraum zu dem in der doppelten Zeit beſchriebenen = ACB : ACB + BCD = ACB : 2ACB = 1 : 2.

2) Die Geſchwindigkeit eines Körpers in jedem Puncte der krummen Bahn iſt im umgekehrten Verhältniſſe der Perpendikellinie aus dem Mittelpuncte der Kräfte auf die Tangente der krummen Linie an dieſem Puncte gezogen.

Wenn die Zeiten gleich ſind, ſo verhält ſich die Geſchwindigkeit wie die Räume AB, BD, DE, u. ſ. w. (Fig. 10.), oder wie die Grundlinie der Dreyecke ACB, BCD, u. ſ. w; da nun dieſe Dreyecke gleichen Inhalts ſind (1), ſo verhalten ſich die Grundlinien umgekehrt wie die Höhen, oder wie die Perpendikel, aus dem Mittelpunct der Kräfte C auf ſie gezogen; folglich verhält ſich auch die Geſchwindigkeit ſo.

Weil

Weil ferner die Grundlinien derſelbigen Dreyecke ſich verhalten wie die doppelten Flächenräume derſelbigen durch jene Perpendikel getheilt, ſo verhalten ſich auch die Geſchwindigkeiten gerade wie die Flächenräume, die in gleichen Zeiten durchlaufen ſind, und umgekehrt, wie jene Perpendikellinie: oder wenn die Geſchwindigkeit c, der Flächenraum a, das Perpendikel p heißt, ſo iſt $c = \frac{a}{p}$.

Wenn die Centralkraft ſtetig angenommen wird, ſo verwandelt ſich ABDE (Fig. 10.) in eine gegen den Mittelpunct der Kräfte C hohle krumme Linie, und ABb wird die Tangente des Bogens BD in B. Nehmen wir nun die Zeit unendlich klein, ſo wird das Element des Bogens Ab (Fig. 11.) mit der geraden Linie AB ſelbſt für einerley gehalten werden können. Der Flächenraum ACb wird den Zeiten der Bewegung proportional ſeyn (1), und ſo werden ſich auch die Geſchwindigkeiten in verſchiedenen Puncten der krummen Linie umgekehrt, wie die Perpendikel aus dem Mittelpunct der Kräfte auf die Tangente, verhalten, oder ſie werden ſich verhalten directe, wie die in gleichen Zeiten durchlaufenen Flächenräume, und umgekehrt wie jene Perpendikellinie.

3) **Bey der Kreisbewegung iſt die Geſchwindigkeit in allen Puncten gleich, oder die Bewegung eines im Kreiſe bewegten, und durch eine nach dem Mittelpunct des Kreiſes ſtrebende Centripetalkraft getriebenen Körpers, iſt gleichförmig.**

Die vom Radius vector beſchriebenen Flächenräume ſind in gleichen Zeiten gleich groß (1). Dieſer Satz gilt für alle Centralbewegungen. Bey der Bewegung im Kreiſe ſind dieſe Flächenräume Sectoren des Kreiſes, denen, wenn ſie gleich ſind, gleiche Bogen des Kreiſes zugehören. Da bey dem Kreiſe die Perpendikellinie auf die Tangente aus dem Centro dem Halbmeſſer oder dem Radius vector gleich iſt, die Radii aber in dem Kreiſe ſich alle gleich ſind, ſo wird auch die Geſchwindigkeit allenthalben gleich, folglich die Bewegung gleichförmig ſeyn.

4) **Je mehr ſich die krummlinige Bahn dem Kreiſe nähert, deſto mehr kommt die Bewegung der Gleichförmigkeit nahe.**

5) **In allen krummlinigen Bahnen iſt die Geſchwindigkeit in denen dem Mittelpunct der Kräfte näher liegenden Stellen größer, als in den mehr davon entfernt liegenden Stellen.**

Dieſer Satz folgt unmittelbar aus 2.

6) **Die Umlaufszeiten (Tempora periodica) bey der Centralbewegung ſind die, welche die Körper brauchen, um die ganze Bahn, worin ſie bewegt werden, zu vollenden. Sie ſind in einem zuſammengeſetzten Verhältniſſe aus dem directen der Circumferenz, und den verkehrten der Geſchwindigkeiten.**

Dieſer Satz folgt aus dem oben (§. 73.) angeführten allgemeinen Satze der gleichförmigen Bewegung. Da die Umkreiſe

Umkreiſe K, k die Räume ſind, welche die Körper zurücklegen, ſo werden auch hier die Umlaufszeiten $T : t = \frac{K}{C} : \frac{k}{c}$ ſeyn, wo C, c die Geſchwindigkeit bedeuten.

7) Eben ſo folgt auch aus dieſem Satze und (1), daß ſich die ganze Umlaufszeit zu der Zeit, die zum Durchlaufen in einem Bogen verwendet wird, verhält, wie der Flächenraum der Bahn zum Flächenraum des Sectors, den der Bogen mit den radiis vectoribus auf ihn gezogen bildet.

8) Wenn um den Mittelpunct der Kräfte ein Kreis beſchrieben wird, deſſen Flächenraum dem der Bahn gleich iſt, welche der Körper mit ungleichförmiger Bewegung beſchreibt, und nun angenommen wird, daß der Körper in dieſem Kreiſe mit einer Geſchwindigkeit bewegt werde, die zwiſchen der größeſten und kleinſten Geſchwindigkeit ſeiner wirklichen Bewegung die mittlere iſt, ſo wird er dieſen Kreis in eben der Zeit beſchreiben, worin er ſeine wirkliche Bahn durchläuft.

Auch dieſer Satz folgt aus (1).

9) Die Bewegung in jeder krummen Linie kann folglich auf die Bewegung im Kreiſe zurückgebracht werden, und die Radii dieſes Kreiſes heißen die mittlern Diſtanzen (Diſtantiae mediae) des Körpers. Die Umlaufszeiten ſind im geraden Verhältniſſe der mittlern Diſtanzen vom Mittelpunct der Kräfte, und im umgekehrten der Geſchwindigkeiten.

Wenn wir die mittlern Diſtanzen D, d, und die Geſchwindigkeiten V, v nennen, ſo ſind alſo die Umlaufszeiten $T : t = \frac{D}{V} : \frac{d}{v}$. Denn da die Umlaufszeiten im geraden Verhältniſſe der Umkreiſe ſind (6), die Umkreiſe aber, wie aus der Geometrie bekannt iſt, ſich wie die Radii der Zirkel, oder wie die Diſtanzen vom Mittelpunct des Kreiſes verhalten, ſo werden ſich auch die Umlaufszeiten wie dieſe verhalten müſſen. Die Zeiten aber verhalten ſich verkehrt wie die Geſchwindigkeiten, wenn die Räume gleich ſind.

10) Die Geſchwindigkeiten ſtehen im geraden Verhältniſſe der mittlern Diſtanzen vom Mittelpunct der Kräfte, und im umgekehrten der Umlaufszeiten.

Es iſt dieſemnach $V : v = \frac{D}{T} : \frac{d}{t}$. Der Satz iſt eine Folge des vorigen, verglichen mit §. 73.

11) Wenn zwiſchen der Centripetal- und Tangentialkraft einerley Verhältniß ſtets Statt findet, ſo wird der Körper, der durch dieſe Kräfte getrieben wird, in einem Kreiſe bewegt werden, deſſen Mittelpunct mit dem Mittelpunct der Kräfte übereinkommt, und umgekehrt. In jedem andern Fall wird die Bahn vom Kreiſe verſchieden ſeyn.

Wenn (Fig. 12.) der Körper A um das Centrum der Kräfte C getrieben wird, und zwar mit einer Geſchwindigkeit,

digkeit, daß er in der Zeiteinheit, da er nach der Richtung der Tangentialkraft den Raum AB durchlaufen würde, durch die gemeinſchaftliche Wirkung der Centripetalkraft den Bogen Ab beſchreibt, ſo wird die Schwungkraft Bb auch das Maaß der Centripetalkraft ſeyn, falls wir den Bogen Ab unendlich klein nehmen. Er wird alſo in b wieder eben ſo weit von C abſtehen. In der folgenden Zeiteinheit würde die Tangentialkraft allein ihn bis D geführt haben; er iſt aber unterdeſſen wieder durch die Centripetalkraft durch Dd = Bb abgelenkt worden, und alſo eben ſo weit wieder vom Mittelpunct der Kräfte C entfernt. Da nun, wenn wir die Bogen Ab, bd unendlich klein nehmen, die Centrifugalkraft Bb und Dd auch das Maaß der Centripetalkraft iſt, ſo wird dieſe auch immer mit der Schwungkraft im Gleichgewicht ſeyn, und es wird alſo der Körper in allen Puncten ſeiner Bahn gleich weit vom Mittelpunct der Kräfte entfernt bleiben, folglich im Kreiſe bewegt werden, deſſen Mittelpunct auch der Mittelpunct der Kräfte iſt.

12) Die Centralkraft eines Körpers bey der Bewegung im Kreiſe iſt gleich dem Quadrate des in der Zeiteinheit durchlaufenen Bogens durch die doppelte Diſtanz deſſelben vom Mittelpunct der Kräfte dividirt; oder ſie iſt gleich dem Quadrate der Geſchwindigkeit dividirt durch dieſe doppelte Diſtanz vom Mittelpunct der Kräfte.

Nennen wir die Centralkraft P, den in der Zeiteinheit durchlaufenen Bogen α, die Entfernung vom Mittelpunct der Kräfte D, und die Geſchwindigkeit V; ſo iſt $P = \frac{\alpha^2}{2D}$, oder $P = \frac{V^2}{2D}$.

Es ſey nämlich (Fig. 13.) Ab der in der Zeiteinheit durchlaufene Bogen, und er werde klein genug angenommen, ſo daß er für eine gerade Linie = AB angeſehen werden könne, die ſeine Tangente iſt; dann wird aber auch EB parallel ſeyn mit EA. Bb iſt die Centrifugalkraft. Aus b ziehe man die Perpendikellinie ba auf AE, ſo wird Aa = Bb, und Bb alſo auch das Maaß der Centripetalkraft abgeben. Es iſt aber EA : AB = AB : Bb; denn die Dreyecke EAB und ABb ſind einander ähnlich, weil der Winkel EAB = AbE, und daher auch AbB ein rechter Winkel, die beyde den gemeinſchaftlichen Winkel ABb haben; es iſt alſo der dritte Winkel AEB = BAb, und beyde Dreyecke EAB und AbB ſind ähnlich. Eben ſo ſind auch die Dreyecke EAb und Aba ähnlich; denn der Winkel EbA iſt ein rechter, und gleich Aab, der Winkel EAb iſt für beyde Dreyecke gemeinſchaftlich, daher iſt der dritte Winkel AEb = Aba, und zwey gleichwinklige Dreyecke ſind ähnlich. Es verhält ſich alſo auch EA : Ab = Ab : Aa; alſo $Aa = \frac{Ab^2}{EA}$. Aa drückt aber die Centripetalkraft = P, und Ab den in der Zeiteinheit durchlaufenen Bogen α

aus,

aus, folglich iſt $P = \frac{\alpha^2}{EA}$. EA iſt der Durchmeſſer des Kreiſes = 2AC oder der doppelten Entfernung (D) des Beweglichen A vom Mittelpunct C; alſo iſt $P = \frac{\alpha^2}{2D}$. Da AB = α den Raum ausdrückt, die Räume aber den Geſchwindigkeiten proportional ſind, wenn die Zeiten gleich ſind; ſo kann für α auch die Geſchwindigkeit V ſubſtituirt werden, und alſo wird auch $P = \frac{V^2}{2D}$ ſeyn.

Aus dieſen Formeln folgt denn nun auch für die Kreisbewegung, daß $V = \sqrt{P(2D)}$, und daß $D = \frac{V^2}{2P}$.

13) Wenn zwey bewegliche Puncte in Kreiſen von verſchiedenen Durchmeſſern gleiche Umlaufszeiten haben, ſo verhalten ſich ihre Centripetalkräfte wie ihre Diſtanzen vom Mittelpunct der Kräfte.

Dieſer Satz folgt unmittelbar aus dem vorigen. Es werde ein Körper A (Fig. 14.) in einer Kreisbewegung um den Mittelpunct C geführt, und beſchreibe den Kreis AGFE in eben der Zeit, da a den kleinern Kreis agfe zurücklegt. Es iſt klar, daß A in D ſeyn wird, wenn a ſich in d der Peripherie befindet. Aus dem Vorhergehenden iſt bekannt, daß der Theil BD und bd der auf die Tangenten AB und ab von C gezogenen Linie die Centripetalkraft ausdrückt. Da nun bekanntlich die Bogen AD und ad ſich verhalten wie die Halbmeſſer CA und ca, dieſe aber die Diſtanzen des A und a vom Mittelpuncte der Kräfte oder des Kreiſes ausdrücken, ſo werden ſich auch dieſe Bogen verhalten wie die Diſtanzen des A und a vom Mittelpuncte. Die Centralkräfte verhalten ſich aber (12), wie die Quadrate der Bogen dividirt durch die doppelte Diſtanz vom Mittelpunct. Es verhält ſich alſo $BD : bd = \frac{AD^2}{2AC} : \frac{ad^2}{2aC}$. Setzen wir nun den Halbmeſſer AC = 2, und den aC = 1, ſo ſind auch die Bogen AD und ad wie 2 : 1, und wir erhalten folglich $BD : bd = \frac{2^2}{2+2} : \frac{1^2}{1+1} = \frac{4}{4} : \frac{1}{2} = 2 : 1$, folglich gleich den Diſtanzen des A und a von C.

14) Wenn zwey bewegliche Puncte in gleicher Entfernung vom Mittelpunct der Kräfte mit ungleicher Geſchwindigkeit bewegt werden, ſo verhalten ſich ihre Centripetalkräfte wie die Quadrate der Geſchwindigkeiten.

Dieſer Satz fließt wiederum aus (12). Wenn (Fig. 15.) zwey Körper Q und q eine Kreisbewegung haben, dergeſtalt, daß in der Zeiteinheit Q den Bogen Ab, und q den Bogen Ad, beyde in gleicher Enfernung AC vom Mittelpunct ihrer Kräfte, beſchreiben; ſo werden ſich nach (12) ihre

ihre Centripetalkräfte verhalten wie $\frac{Ab^2}{2AC} : \frac{Ad^2}{2AC} = Ab^2 :$ Ad^2. Wenn ſich nun die Bogen Ab : Ad verhalten wie 1 : 2, und die Diſtanz AC = 1 geſetzt wird, ſo iſt die Centripetalkraft von Q zu der von q $= \frac{1^2}{1+1} : \frac{2^2}{1+1} =$ $1^2 : 2^2$. Da ſich nun die Räume verhalten wie die Geſchwindigkeiten, wenn die Zeiten gleich ſind, ſo werden ſich auch die Centripetalkräfte verhalten wie $\frac{V^2}{2AC} : \frac{v^2}{2AC}$ $= V^2 : v^2$, d. i., wie die Quadrate der Geſchwindigkeiten.

15) Wenn zwey bewegliche Puncte in ungleich großen Kreiſen mit gleicher Geſchwindigkeit bewegt werden, folglich ungleiche Umlaufszeiten haben, ſo verhalten ſich ihre Centripetalkräfte umgekehrt, wie ihre Entfernungen vom Mittelpuncte.

Geſetzt, der Körper A (Fig. 14.) laufe bey der Entfernung AC = 2 vom Mittelpuncte der Kräfte C in der Zeiteinheit durch den Bogen AD, während der Körper a bey der Entfernung aC = 1 vom Mittelpuncte der Kräfte den Bogen af = AD durchläuft, ſo wird nach (12) die Centripetalkraft des A zu der von a ſich verhalten wie $\frac{AD^2}{2AC}$ $: \frac{af^2}{2aC} = \frac{1}{4} : \frac{1}{2} = 1 : 2$, folglich verkehrt wie die Diſtanz von C.

Aus dieſem Satze folgt dann auch

16) daß, wenn die Diſtanzen zweyer in einer Kreisbewegung befindlicher Puncte vom Mittelpuncte, ſo wie ihre Umlaufszeiten ungleich ſind, ihre Centripetalkräfte ſich verhalten wie ihre Entfernungen vom Mittelpuncte dividirt durch das Quadrat ihrer Umlaufszeit.

Wenn z. B. (Fig. 14.) A ſeine doppelt ſo große Bahn AGFE in der Zeit T = 2 vollendet, da a ſeinen Kreis aefg in der Zeit t = 1 vollendet, ſo wird die Centripetalkraft von A zu der von a ſeyn $= \frac{AC}{T^2} : \frac{aC}{t^2} = \frac{2}{2^2} : \frac{1}{1^2} = \frac{2}{4} :$ $\frac{1}{1} = \frac{1}{2} : 1 = 1 : 2$; folglich, wie vorher (15.).

17) Wenn ſich die Quadrate der Umlaufszeiten verhalten wie die Würfel der Entfernungen vom Mittelpuncte der Kräfte, ſo ſind die Centralkräfte verkehrt wie die Quadrate der Diſtanzen.

Wenn wir in der vorigen Formel ſtatt T^2, t^2, hier nach der Vorausſetzung die proportionalen Quantitäten AC^3, ac^3, ſubſtituiren, ſo erhalten wir für die Centralkräfte des A und a das Verhältniß von $\frac{AC}{AC^3} : \frac{aC}{aC_3} =$ $\frac{1}{AC^2} : \frac{1}{aC^2} = aC^2 : AC^2$.

* * *

Die Beſtimmung der Centripetalkräfte für andere Arten der Centralbewegung ſetzt nun freylich ſchon etwas mehr, als die gewöhnlichen Elementarkenntniſſe der Geometrie voraus; indeſſen will ich doch hier einige Reſultate dieſer Beſtimmungsarten geben, um dadurch eben die Nothwendigkeit eines tiefern Studiums der Mathematik in der Naturlehre zu zeigen.

18) Wenn ein beweglicher Punct durch Centralkräfte getrieben irgend eine krumme Linie ABC (Fig. 16.) beſchreibt, ſo nimmt man Rückſicht auf den Bogen Br, der in dem Zeitelemente beſchrieben worden iſt, auf deſſen Tangente TBH aus dem Mittelpuncte der Kräfte F das Perpendikel FT, das die Normallinie heißt, gefällt wird, und durch welchen Bogen man einen Kreis DBC gehend annimmt, der eben die Krümmung als dieſer Bogen hat, und der Krümmungskreis (circulus oſculator), ſo wie ſein Halbmeſſer der Krümmungshalbmeſſer, genannt wird. Es läßt ſich nun erweiſen, daß, wenn ein beweglicher Punct irgend eine krumme Linie ABC beſchreibt, die in B die Krümmung des Krümmungskreiſes DBC hat, und der Mittelpunct der Kräfte außerhalb des Mittelpunctes des Krümmungskreiſes liegt, die Centralkraft P in einem umgekehrten zuſammengeſetzten Verhältniſſe des Quadrats der Normallinie und des einfachen der Sehne des Krümmungsbogens ſey, die durch den Anfang dieſes Bogens und den Mittelpunct der Kräfte geht; oder auch, daß die Centripetalkraft in jeder gegebenen krummen Linie ſich verhalte wie der Radius vector dividirt durch den Würfel der Normallinie und den doppelten Krümmungshalbmeſſer.

Es ſey (Fig. 16.) in B ein beweglicher Punct, der in dem Zeitelemente den unendlich kleinen Bogen Br durchlaufe, indem ihn die Centripetalkraft von der Tangente BH um das Raumtheilchen Hr = Bi ablenkt, das er, wenn die Centripetalkraft allein wirkte, in eben der Zeit mit beſchleunigter Geſchwindigkeit durchlaufen würde. Da Bi = P eine ſtetige Kraft iſt, ſo ſteht ſie im geraden Verhältniſſe des Raums, und im umgekehrten des Quadrats der Zeit, folglich iſt $P = \frac{Bi}{t^2}$. Die Zeit t wird aber vorgeſtellt durch den Flächenraum zwiſchen den beyden Radiis vectoribus FB und Fr, und dem Bogen Br, oder durch das Dreyeck BFr; da Br mit der Tangente einerley genommen wird, ſo iſt die Höhe des Dreyecks auch FT und die Grundlinie Br. Man erhält den Flächenraum des Dreyecks, wenn man die Grundlinie mit der halben Höhe multiplicirt, oder $\frac{Br \times FT}{2}$. Subſtituiren wir dafür den doppelten Flächenraum, damit das Verhältniß einerley bleibt, ſo iſt $t = Br \times FT$. Da ſich nun P verhält wie $\frac{Bi}{t^2}$, ſo wird auch, weil $t = Br \times FT$ iſt, $P = \frac{Bi}{Br^2 \times FT^2}$. Es verhält ſich $Bo : Br = Br : BE$, und

daher

daher iſt auch $BE \times Bo = Br^2$; ferner iſt $Bo : Bi = BS : BE$, und daher $Bo \times BE = Bi \times BS = Br^2$. Setzt man alſo in der vorigen Formel ſtatt Br^2 dieſen Werth, ſo erhält man für $P = \frac{Bi}{Bi \times BS \times FT^2} = \frac{1}{BS \times FT^2}$; oder die Centripetalkraft iſt im umgekehrt zuſammengeſetzten Verhältniſſe der Sehne des Krümmungsbogens und des Quadrats der Normallinie.

Da $FB : FT = BE : BS$, ſo iſt auch $BS = \frac{BE \times FT}{FB}$, und daher auch $P = \frac{FB}{BE \times FT^3}$, oder gleich dem Radius vector F dividirt durch $BE = 2BN$ oder den doppelten Krümmungshalbmeſſer und den Würfel der Normallinie FT.

19) Wenn die Centralbewegung einen Kegelſchnitt beſchreibt, ſo iſt die Centralkraft im umgekehrten Verhältniſſe des Quadrats der Entfernung vom Brennpuncte, als dem Mittelpuncte der Kräfte.

Oder es iſt (nach Fig. 16.) $P = \frac{1}{FB^2}$.

Es ſey nämlich CBA ein Kegelſchnitt, BK der Semiparameter, und FN der Krümmungshalbmeſſer, ſo iſt dieſer $= \frac{BM^3}{BK^2}$, folglich der Durchmeſſer des Krümmungskreiſes $BE = \frac{2BM^3}{BK^2}$. Wenn wir dies in der vorigen Formel (18.) für BE ſubſtituiren, ſo iſt $P = \frac{FB \times FK^2}{2BM^3 \times FT^3}$. Ueber dies iſt $BM : BK = FB : FT$; daher iſt auch $FT^3 = \frac{BK^3 \times FB^3}{BM^3}$, folglich iſt, wenn dies auf die vorige Formel angewendet wird, $P = \frac{FB \times BK^2 \times BM^3}{2BM^3 \times BK^3 \times FB^3}$ $= \frac{1}{2BK \times FB^2}$, oder, wegen des unveränderlichen 2BK, $= \frac{1}{FB^2}$.

So läßt ſich nun auch umgekehrt beweiſen, daß, wenn ein Körper durch eine ſolche Kraft nach dem Mittelpuncte der Kräfte F getrieben wird, ſeine Bahn ein Kegelſchnitt iſt.

20) Wenn ein Körper in der Ellipſe bewegt wird, und der Mittelpunct der Kräfte der eine Brennpunct der Ellipſe iſt, ſo ſteht die Centralkraft im geraden Verhältniſſe der halben Zwergachſe, und im umgekehrten zuſammengeſetzten des doppelten Quadrats der halben zugeordneten Achſe und des Quadrats des Radius vector. Der Körper, der in der Ellipſe (Fig. 17.) bewegt wird, hat die größeſte Geſchwindigkeit in der Apſide A, die dem Mittelpuncte der Kräfte S näher iſt; die kleinſte in der entgegengeſetzten B. Es wächſt alſo die Geſchwindigkeit durch die eine Hälfte der Ellipſe, CAD, und nimmt ab durch die andere, DBC. Die Zeit, welche der

 Körper

Körper braucht, um von der einen Apſide A zur entgegengeſetzten B zu kommen, iſt die Hälfte der Umlaufszeit; die Zeit aber, welche der Körper braucht, um von einem Puncte ſeiner Bahn, z. B. von E, nach dem entgegengeſetzten e zu kommen, iſt kürzer, wenn die dem Mittelpuncte der Kräfte nähere Apſide in dieſer Bahn liegt; länger, wenn der Körper durch die obere Apſide geht, z. B. wenn er den Theil der Bahn G bis g zurücklegt.

21) Wenn aus dem Brennpuncte der Ellipſe, welcher der Mittelpunct der Kräfte iſt, mit einem Halbmeſſer, welcher der halben großen Achſe der Ellipſe gleich iſt, ein Kreis beſchrieben wird, und der bewegliche Punct in dieſem Kreiſe mit der Geſchwindigkeit bewegt wird, die er an den Enden der kleinen Achſe der elliptiſchen Bahn hat, ſo ſind die Umlaufszeiten in dieſem Kreiſe und der Ellipſe gleich.

22) Wenn aus dem Brennpuncte der Ellipſe, welcher der Mittelpunct der Kräfte iſt, mit einem Halbmeſſer, welcher die mittlere Proportionalgröße zwiſchen beyden halben Achſen der Ellipſe hat, ein Kreis beſchrieben wird, deſſen Flächenraum alſo dem der Ellipſe gleich iſt, und der Körper dieſen Kreis in eben der Zeit zurücklegt, als die elliptiſche Bahn, ſo iſt die mittlere Geſchwindigkeit in der Ellipſe der wirklichen Geſchwindigkeit im Kreiſe gleich. (8.)

Der Zweck verbietet, hier mehrere Reſultate beyzubringen. Das Beygebrachte iſt hinreichend, um davon in der Folge bey der Lehre von der Bewegung ſchwerer Körper in krummen Bahnen und der Himmelskörper ſo viel Anwendung zu machen, als es in einem Lehrbuche der Naturlehre erlaubt iſt.

Für das weitere Studium dieſer Lehre von der Centralbewegung und ihrer Anwendung ſind zu empfehlen: *Chriſt. Hugenius* de vi centrifuga, in ſeinen *opuscul. poſthum. T. II. Amſtelod.* 1728. 4. S. 107. ff.; *Newtons* oben angef. *Princip. philoſ. natur.*; *Jo. Bernoulli* oper. *Lauſannae* 1742. IV. Vol. 4.; *S' Graveſande* oben angef. *elementa phyſices* T. I.; *Io. Keilii* introductio ad veram Phyſicam et ad veram aſtronomiam, Lond. 1719. 8. *Ioh. Boſcovich* de inaequalitatibus, quas Saturnus et Iupiter ſibi mutuo videntur inducere, Romae. 1756. 8. *Leon. Euleri* Mechanica, Petropol. 1736. II. Vol. 4.; *Maclaurin* expoſition des decouvertes de Newton à Paris 1756. 4.; *La Caille* Leçons d' aſtronomie, à Paris 1761. 8., und beſonders Käſtners Anfangsgründe der höhern Mechanik, oder der mathematiſchen Anfangsgründe IV. Th. 1. Abth.

§. 102. Wenn die Materie von einer ſtetig wirkenden bewegenden Kraft getrieben wird, ſo wird ſie dadurch in jeder Richtung, die nicht mit der urſprüng-

lichen

lichen Richtung dieſer Kraft zuſammenfällt, widerſtehen, und folglich die zu ihrer Bewegung angewandte Kraft vermindern.

§. 103. Wenn alſo eine Kraft in eine Materie nach einer Richtung wirkt, die nicht mit der Richtung der der Materie beywohnenden ſtetigen Kraft übereinkommt, ſo wird ſie nothwendig eine Veränderung erleiden, die nach der Größe des Widerſtandes in einer völligen Aufhebung ihrer Bewegung (nach §. 83.) oder in einer Verminderung ihrer Beſchleunigung (nach §. 84.) beſtehen wird. Hinwiederum muß aber auch die Beſchleunigung der Kraft, welche der Materie inhärirt, durch die Anwendung der Kraft, die ſie nach einer andern Richtung in Bewegung zu ſetzen ſtrebt, ebenfalls ſo viel verlieren, als dieſe letztere beträgt. Bey gleichem Widerſtande und gleicher wirkenden Kraft wird dieſe wechſelſeitige Verminderung nach Maaßgabe der Größe des Winkels Statt finden, welche die Richtung der Kraft, die die Bewegung hervorzubringen ſtrebt, und diejenige mit einander machen, die der Materie urſprünglich inhärirt (nach §. 89.).

Erläuterung durch Gewichte, die an einem Seil über eine Rolle gezogen ſind.

§. 104. Dieſe wechſelſeitige Verminderung der Kraft und Gegenkraft nennt man **Gegenwirkung** (Reactio), und es iſt aus dem Geſagten klar, daß **Kraft und Gegenkraft ſich immer gleich ſeyn müſſen.** Die zur Bewegung der widerſtehenden Materie angewandte Kraft kann nämlich nur in ſo fern ver-

min-

mindert werden, in ſo fern ſie Widerſtand findet, und ſie kann dieſe mit keiner größern Geſchwindigkeit bewegen, als welche nach Ueberwindung des Widerſtandes übrig bleibt, nicht mit ihrer urſprünglichen. Es fließt von ſelbſt aus dem Geſetze der Gegenwirkung, daß die Anwendung der Kraft auf einen Gegenſtand am größeſten iſt, wenn dieſer vollkommen widerſteht; daß ohne Widerſtand keine Anwendung, d. h., keine Verminderung der Kraft möglich iſt, und daß kein Körper in Bewegung geſetzt werden kann, wenn die bewegende Kraft und der Widerſtand urſprünglich in ihm ſelbſt ſind.

Wenn ein Pferd eine Kraft hat, die 10 Centner Laſt zu überwältigen vermögend wäre, und es ſoll einen Stein, der durch eine ihm inhärirende Kraft, nämlich die der Gravitation, nach dem Mittelpuncte der Erde zu ſollicitirt wird, und deſſen bewegende Kraft einen Druck von 8 Centnern hervorbringt, nach einer auf der Richtung der Gravitation ſenkrechten, alſo horizontalen Richtung aus Ruhe in Bewegung verſetzen; ſo wird es dazu weniger als 10 Centner Kraft verwenden können, nicht mehr: ſeine actio in corpus wird unter 10 Centnern ſeyn, wenn gleich die actio corporis 10 Centner wäre.

§. 105. Wenn nun die Materie ſelbſt durch eine ſtetige Kraft ſollicitirt wird, die ſie urſprünglich in Bewegung zu verſetzen ſtrebt, und die ihr folglich Widerſtand ertheilt, ſo wird bey Betrachtung der Größe der Bewegung ſolcher Materie nicht bloß die Geſchwindigkeit, ſondern auch die **Maſſe** in Anſchlag gebracht werden müſſen, auf deren Theile die ſtetige Kraft gleichförmig wirkt. Wenn nämlich jeder Theil der Materie von der ſtetigen Kraft afficirt wird, ſo wird bey gleicher Beſchleunigung dieſer Kraft der Widerſtand um deſto größer ſeyn, je größer die Quan-

Quantität der Subſtanz, d. h., je größer die Maſſe iſt, die von dieſer Kraft afficirt wird. Denn doppelt ſo viel widerſtehende Materie enthält doppelt ſo viel Kraft zum Widerſtande, und wird alſo auch zur gleichen Veränderung ihres Zuſtandes eine doppelt ſo große Kraft erfordern, als die einfache Maſſe.

§. 106. **Widerſtehende Maſſe** iſt alſo die Quantität des Beweglichen eines beſtimmten Raums, das durch eine ihm beywohnende ſtetige Kraft zu einer Bewegung ſollicitirt wird, und daher in jeder andern Richtung, die ihm mitgetheilt werden ſoll, und welche von der Richtung der ihm beywohnenden Kraft verſchieden iſt, widerſteht. Das Product aus der inhärirenden **beſchleunigenden** Kraft in die Quantität des Beweglichen heißt die **bewegende Kraft**, wie ſchon oben (§. 80.) angeführt worden iſt.

§. 107. Wenn zwey Körper von gleicher widerſtehender Maſſe nach einerley Richtung *) bewegt werden ſollen, ſo erfordern ſie natürlicher Weiſe einerley Maaß der Kraft, um ſich mit einerley Geſchwindigkeit zu bewegen; ungleiche widerſtehende Maſſen erfordern ohne Zweifel ein ungleiches Maaß der Kraft, um gleiche Geſchwindigkeit dadurch zu erhalten; ſo ſetzt auch wohl ungleiche Geſchwindigkeit gleicher widerſtehenden Maſſen ein ungleiches Maaß der Kraft voraus. Eben ſo leiſten auch bewegte Körper von gleichen widerſtehenden Maſſen und ungleicher Geſchwindigkeit, oder auch von gleicher Geſchwindigkeit und ungleichen Maſſen, ungleichen Widerſtand.

*) Ich ſage, wenn die Bewegung nach einerley Richtung geſchehen ſoll. Denn eine verſchiedene Richtung wird mit

der-

derjenigen Richtung, in welcher die der widerſtehenden Maſſe beywohnende urſprüngliche Kraft dieſe ſollicitirt, einen verſchiedenen Winkel machen, und daher wird, wie aus der Lehre von der Zuſammenſetzung der Kräfte (§. 90.) bekannt iſt, die Anwendung der Kraft verſchiedentlich groß ſeyn müſſen, wenn bey gleichen Maſſen die Geſchwindigkeit gleich ſeyn ſoll.

§. 108. Die **Größe der Bewegung** (Quantitas motus) der Körper von widerſtehender Maſſe hängt ſolchergeſtalt von ihrer Maſſe und ihrer Geſchwindigkeit ab, und ſie muß aus beyden ermeſſen werden. Es folgt aus dem Vorigen:

1) Die Größe der Bewegung zweyer Körper verhält ſich wie die Maſſen derſelben, wenn die Geſchwindigkeit gleich iſt.

2) Die Größe der Bewegung verhält ſich wie die Geſchwindigkeiten, wenn die Maſſen gleich ſind.

3) Ueberhaupt verhält ſich die Größe der Bewegung wie die Producte der Maſſe in die Geſchwindigkeit.

4) Die Größen zweyer Bewegungen ſind einander gleich, wenn die Maſſen ſich umgekehrt verhalten wie ihre Geſchwindigkeiten.

Wenn wir die Größen der Bewegung zweyer Körper Q, q, ihre reſpectiven Geſchwindigkeiten C, c, und ihre widerſtehenden Maſſen M, m nennen, ſo iſt
nach 1), wenn $C = c$, $Q : q = M : m$,
nach 2), wenn $M = m$, $Q : q = C : c$.
Nehmen wir nun noch einen dritten Körper, deſſen Geſchwindigkeit $= C$, deſſen Maſſe $= m$, und deſſen Größe der Bewegung z heißt, ſo iſt
für den erſten und dritten nach 1), $Q : z = M : m$,
für den dritten u. zweyten nach 2), $z : q = C : c$,
folglich für den erſten und zweyten $Q : q = MC : mc$.
Ferner iſt $Q = q$, wenn $C : m = c : M$.

Zwey=

Zweytes Hauptſtück.

Von den Grundſtoffen und Formen der Körper, und ihrer Cohärenz.

Grundſtoffe der Körper.

§. 109.

Wir nennen die Maſſe eines Körpers **gleichartig**, wenn alle durch Zerſtückung oder durch phyſiſche Theilung deſſelben darzuſtellende Theile einerley Natur mit dem Ganzen haben, wovon ſie genommen ſind, und ſich alſo nur in der Größe von ihm unterſcheiden; widrigen Falls heißt ſie **ungleichartig**.

Beyſpiel von gleichartiger Maſſe am Waſſer, von ungleichartiger am Granit.

§. 110. Aber die Erfahrung lehrt, daß auch ſolche Körper, deren Maſſe ſich durchaus gleichartig zeigt, aus allerley ungleichartigen Theilen in mannichfaltigen Verhältniſſen zuſammengeſetzt ſind, die wir durch Hülfe der Kunſt von einander trennen können.

§. 111. Dieſe Trennung einer gleichartig erſcheinenden Maſſe in **ungleichartige Theile** (Partes diſſimilares) heißt die **chemiſche Theilung**, und wir unterſcheiden ſie von der **phyſiſchen** oder **mechaniſchen**, die uns **gleichartige Theile** (Partes ſimilares) liefert.

§. 112.

§. 112. Die gleichartigen Theile der Maſſe heißen auch Grundmaſſen; ſie ſind dem Ganzen ähnlich, wovon ſie herrühren, und nur in der Größe, nicht in ihrer Natur, von demſelben verſchieden; die **ungleichartigen Theile** hingegen, die man auch **Grundſtoffe, Beſtandtheile** (Partes conſtituentes) nennt, ſind weder dem Ganzen, wovon ſie herrühren, noch unter einander ſelbſt in ihrer Natur ähnlich; ſie machen aber in der gehörigen Verbindung und im gehörigen Verhältniſſe zuſammen das uns gleichartig erſcheinende Ganze aus.

Erläuterung durch Beyſpiele an atmoſphäriſcher Luft, am Glaſe, am Zinnober, am Waſſer.

§. 113. Wenn ungleichartige Theile ſo verbunden ſind, daß die Maſſe, die ſie zuſammen ausmachen, in ihren kleinſten Theilen ſich den Sinnen gleichartig zeigt, ſo heißt die Materie, die ſie bilden, **gemiſcht**, widrigen Falls iſt ſie nur daraus **gemengt**; ein Unterſchied, der wohl zu merken iſt.

Beyſpiele gemengter Körper geben Granit, Porphyr.

§. 114. Bey der bloßen **Vermengung** ungleichartiger Stoffe behalten dieſe ihre vorige Natur; bey der **Vermiſchung** derſelben hingegen entſpringt daraus eine Materie von ganz anderer Natur und andern Eigenſchaften, als die ihrer Beſtandtheile waren.

Beyſpiele geben ein innig zuſammengeriebenes Gemenge von Mineralalkali und Kieſelſande, das durch Zuſammenſchmelzen zum Gemiſche, zum Glaſe, wird.

§. 115. Die Verbindung ungleichartiger Theile zu einem gleichartigen Ganzen heißt **Miſchung** oder **Zuſammenſetzung** (Mixtio, Syntheſis); die Trennung derſelben daraus **Scheidung, Zerlegung, Zer-**

ſetzung (Analyſis). Die Verbindung gleichartiger Theile wird **Zuſammenhäufung** (Aggregatio), und ihre Trennung ſchlechtweg **Theilung, Zertheilung, Zerſtückung** des Körpers genannt. Die beyden letztern Operationen geben keine neue, ſondern nur eine der Maſſe nach vergrößerte oder verkleinerte Materie.

§. 116. Wenn die aus einem gemiſchten oder gemengten Körper erhaltenen Beſtandtheile ſelbſt noch weiter gemiſcht ſind, und als Gemiſche darin ſo präexiſtiren, wie wir ſie durch Scheidung daraus darſtellen, ſo heißen ſie die **nähern Beſtandtheile** (Partes proximae), und ihre weitern ungleichartigen Grundſtoffe die **entferntern Beſtandtheile** (Partes remotae) des Körpers.

Beyſpiele:

1) Atmoſphäriſche Luft.

- Lebensluft.
  - Sauerſtoff.
  - Wärmeſtoff.
- Stickgas.
  - Stickſtoff.
  - Wärmeſtoff.
- Kohlenſaures Gas.
  - Kohlenſäure.
    - Kohlenſtoff.
    - Sauerſtoff.
  - Wärmeſtoff.

2) Eiſenvitriol.

- Schwefelſäure.
  - Schwefel.
  - Sauerſtoff.
- Eiſenkalk.
  - Eiſen.
  - Sauerſtoff.

§. 117. Die letzten, nicht weiter aus ungleichartigen Theilen zuſammengeſetzten, Grundſtoffe der Körper nennt man **Elemente, Urſtoffe**. Viele Materien können wir zwar bis jetzt nicht weiter zerlegen; man iſt aber deshalb noch nicht berechtigt, ſie für Uranfänge zu halten; und daraus, daß ſie bis jetzt **unzerlegt** ſind, folgt nicht, daß ſie an ſich **unzerlegbar**

wären,

wären, denn vielleicht erreichen weder unſere Sinne, noch unſere Werkzeuge je die an ſich unzerlegbaren oder wahren Elemente.

§. 118. Die bey den mannichfaltigen Zergliederungen der verſchiedentlichen Körper und Materien, mit welchen man Erfahrungen hat anſtellen können, angetroffenen, ſpecifiſch verſchiedenen, unzerlegten, alſo für uns einfachen, **Stoffe**, deren wechſelſeitige Verhältniſſe und Eigenſchaften der Gegenſtand unſerer Unterſuchungen in der beſondern Naturlehre ſeyn werden, ſind folgende:

1) **Lichtſtoff** (**Brennſtoff**).
2) **Wärmeſtoff** (Calorique).
3) **Sauerſtoff** (Oxygène).
4) **Waſſerſtoff** (Hydrogène).
5) **Stickſtoff** (Azote).
6) **Kohlenſtoff** (Carbone).
7) **Schwefel** (Soufre).
8) **Phosphor** (Phosphore).
9) **Radical der Salzſäure** (Radical muriatique).
10) — **der Flußſäure** (Radical fluorique).
11) — **der Boraxſäure** (Radical boracique).

---

12) **Gold** (Or).
13) **Platin** (Platine).
14) **Silber** (Argent).
15) **Queckſilber** (Mercure).
16) **Bley** (Plomb).
17) **Kupfer** (Cuivre).
18) **Eiſen** (Fer).
19) **Zinn** (Etain).

20)

20) Zink (Zinc).
21) Wismuth (Bismuth).
22) Spiesglanz (Antimoine).
23) Nickel (Nickel).
24) Kobalt (Cobalt).
25) Arſenik (Arſenic).
26) Magneſium (Manganèſe).
27) Molybdän (Molybdène).
28) Wolfram (Tungſtène).
29) Uran.
30) Titan.

---

31) Kieſelerde (Silice).
32) Kalkerde (Chaux).
33) Talkerde (Magnéſie).
34) Schwererde (Baryte).
35) Strontionerde.
36) Thonerde (Alumine).
37) Zirkonerde (Circonie).
38) Auſtralerde.

Von den Elementen der Peripatetiker: Feuer, Luft, Erde und Waſſer.

§. 119. Einige dieſer Grundſtoffe ſind für ſich nicht, ſondern nur in ihren Zuſammenſetzungen mit andern, darſtellbar. Der Grund davon liegt wohl ohne Zweifel in ihrem großen Beſtreben zur Vereinigung mit andern Stoffen, und in der Gelegenheit, dieſe immer bey ihrer Scheidung anzutreffen.

§. 120. Nicht immer beruht die ſpecifiſche Verſchiedenheit der Körper und Materien, die wir bis jeżt kennen, auf der Verſchiedenheit ihrer Beſtand-

theile,

theile, ſondern ſehr oft auf dem verſchiedenen Verhältniſſe, in welchem dieſe unter einander verbunden ſind.

§. 121. Der Grund der weſentlichen und ſpecifiſchen Verſchiedenheit der Grundſtoffe unſerer Sinnenwelt muß wohl in der Verſchiedenheit der Intenſität der urſprünglichen Grundkräfte, die das Weſen der Materie ausmachen (§. 46.), geſucht werden, vermöge welcher der Grad der Wirkſamkeit und der Wechſelwirkung der ſpecifiſch verſchiedenen Materien ungleich iſt.

Formen der Materien.

§. 122. Von dem wechſelſeitigen Einfluſſe dieſer urſprünglichen Grundkräfte der Anziehung und der Repulſion, und ihrer reſpectiven Intenſität in den verſchiedentlichen einfachen und zuſammengeſetzten Stoffen hängt beſonders die Form der Aggregation ab, die wir an den mannichfaltigen und verſchiedenen Materien wahrnehmen, und weshalb wir drey Arten von Körpern unterſcheiden: 1) feſte Körper (Corpora ſolida); 2) liquide oder tropfbar flüſſige Körper (Corpora liquida); und 3) expanſible oder elaſtiſch = flüſſige Körper (Corpora expanſibilia, Fluida elaſtica). Die beyden letztern begreift man unter dem Nahmen flüſſige Körper (Corpora fluida) zuſammen.

§. 123. Feſte Körper (§. 122.) ſind ſolche, welche vermöge der größern Intenſität der in ihren Grundmaſſen wirkſamen Anziehungs= oder Cohäſionskraft einen merklichen und beträchtlichen Widerſtand

bey

bey der Verſchiebung ihrer Theile an einander leiſten. Aber die Stärke des Zuſammenhanges der Theile und der Flächen der Grundmaſſen iſt von mannichfaltigen Abſtufungen bey den verſchiedenen feſten Körpern, und es gründen ſich darauf beſondere Unterabtheilungen derſelben, die aber ſo wenig durch beſtimmte Gränzlinien von einander abgeſondert ſind, daß die verſchiedenen Arten, die dadurch unterſchieden werden ſollen, vielmehr ganz unmerklich in einander übergehen.

§. 124. So unterſcheiden wir harte oder **ſtarre Körper** (Corpora dura, rigida) von **weichen** (Corpora mollia) durch die Verſchiedenheit der Größe des Widerſtandes bey der Verſchiebung und Trennung der Theile. Wir finden hier unzählige Abſtufungen, und es läßt ſich keine beſtimmte Gränzlinie zwiſchen beyden ziehen.

§. 125. Solche feſte Körper, deren Theile ſich durch eine äußere Gewalt merklich verſchieben laſſen, ohne ihren Zuſammenhang dadurch ganz zu verlieren, heißen **zähe, dehnbare, ſtreckbare** (ductilia); ſie ſind hingegen **ſpröde** (fragilia), wenn die Theile nicht an einander verſchoben werden können, ohne zu reißen, oder ihren Zuſammenhang zu verlieren. Auch von dieſen Arten des Zuſammenhanges laufen die Gränzen derſelben wieder ſehr in einander.

§. 126. Von dieſer Kraft der Anziehung oder Cohäſion rührt auch die **Federkraft** oder **Springkraft**, die man beſſer **Contractilität** nennen ſollte, her, vermöge welcher die Theile feſter Körper bey ihrer mehrern Entfernung von einander durch eine andere

dere Kraft mit Nachlaſſung derſelben ihre vorige Nahheit wieder anzunehmen trachten. Ich unterſcheide ſie von der Elaſticität, die ihr gerade entgegengeſetzt, und deren Urſach weſentlich davon verſchieden iſt. Das Unzureichende in der bisherigen Erklärung beyder Phänomene rührt eben daher, daß man ſo verſchiedene Wirkungen einerley Grundurſachen zuſchrieb. Da, wo man bisher bey federharten Körpern eine Wiederausdehnung nach einer vorherigen Zuſammendrückung annahm, findet wirklich nichts anders als Zuſammenziehung nach einer vorhergegangenen Dehnung Statt.

Beyſpiele geben elaſtiſches Harz, eine geſpannte Saite, Stahlfedern, u. dergl.

Eine Stahlfeder hat Federkraft, weil ſie ſich, wenn ſie gebogen, und ſolchergeſtalt bey ihrer Krümmung in einen größern Raum gedehnt wird, wieder zuſammenzieht, wenn die ſpannende Kraft nachläßt. Ein ſtählerner Ring hat aus gleichen Urſachen Federkraft, und er äußert ſie nicht durch Expanſion, ſondern durch Contraction. Wird er nämlich von beyden Seiten zuſammengedrückt, und dadurch an ſeinen Krümmungen gedehnt, ſo ziehen ſich dieſe wieder zuſammen, ſo bald die dehnende Kraft nachläßt, die freylich, um die Krümmungen zu dehnen, den Ring an andern Stellen zuſammendrücken mußte. Hiervon läßt ſich nun auf die Federkraft einer Kugel von Elfenbein u. dergl. der Schluß leicht machen, bey denen es leichter ſcheinen könnte, als ob ſie eine expanſive Elaſticität beſäßen, da der Grund der Erſcheinung doch auch nur, wie bey der Stahlfeder, in der Wiederzuſammenziehung gedehnter Theile liegt. Läßt man eine elfenbeinerne Kugel an einem Faden auf eine mit Fett dünn beſtrichene polirte Steinplatte fallen, ſo ſchnellt ſie ſich freylich zurück, ſie drückt auf dem Fette einen ſichtbaren Fleck ein, und zeigt alſo dadurch eine wahre Zuſammendrückung, die ſie durch die Gewalt des Falles an der berührten Stelle erlitt. Aber man erinnere ſich nur an den Ring, und man wird einſehen, daß die Theile der elfenbeinernen Kugel am Rande der plattgedrückten Stelle geſpannt wurden, folglich ſich wieder zuſammenzogen, wie der Druck nachließ, und daß ſie dadurch die eingedrückten Theile erhoben.

Durch dieſe Reaction wird es alſo möglich, daß die Kraft der Cohärenz Bewegung hervorbringen, oder zu einer bewegenden Kraft werden kann.

§. 127.

§. 127. Die Federkraft oder Contractilität zeigt ſich, ſo wie die übrigen Arten der Cohäſion, bey den mancherley Körpern, in einem ſehr verſchiedenen Grade. Aber es iſt wohl kein feſter Körper, dem die Federkraft gänzlich mangelte. Uebrigens lehrt die Art und Weiſe, wie ſich dieſes Vermögen zeigt (§. 126.), daß zu der Aeußerung deſſelben Dehnbarkeit im gewiſſen Grade gehöre, ohne welche ſonſt die geſpannten Theile in ihrem Zuſammenhange ganz aufgehoben werden und reißen würden. Daher läßt es ſich erklären, warum die Federkraft verſchiedener Körper durch lange anhaltende Spannung oder Dehnung merklich ſchwächer wird, und warum ſie zunimmt, wenn die Stärke des Zuſammenhanges durch Vermehrung der Dichtigkeit wächſt.

Beyſpiele vom Wachsthume der Federkraft durch Zunahme der Dichtigkeit geben die gehämmerten Metalle, das Härten des Stahls, die Bologneſerflaſchen, die Glastropfen.

§. 128. Die Grade der Feſtigkeit der verſchiedenen feſten Körper ſtehen nicht im Verhältniſſe mit der Dichtigkeit derſelben, ſo weit wir dieſe durchs Gewicht ermeſſen können. So iſt z. B. Gold und Bley dichter als Eiſen und Kupfer, aber doch lange nicht ſo feſt, als dieſe. Um dieſe Grade der Feſtigkeit bey verſchiedenen feſten Körpern zu meſſen, hat man ſich der Gewichte bedient, welche zum Zerreißen derſelben, bey einer beſtimmten Dicke und Länge, nothwendig ſind. **Muſchenbroek** hat insbeſondere ſehr viele Verſuche über die Kraft angeſtellt, welche zum Zerreißen mehrerer Körper erfordert wird. Er hat aber dabey keine beſondere Rückſicht auf die Länge der Körper ge-

nommen, und daher geben auch Sickingens Verſuche andere Reſultate. Ueber die Stärke verſchiedener Holzarten haben wir auch von Büffon, und über die der metalliſchen Gemiſche von Hrn. Achard zahlreiche Verſuche erhalten. So nützlich aber auch alle dieſe Verſuche fürs gemeine Leben ſeyn können, ſo wenig läßt ſich doch daraus auf die Größe der Wirkung der Cohärenz ſchließen, weil hierbey, wie ſchon Hr. Kant *) erinnert hat, die Verſchiebbarkeit der Theile gar nicht in Anſchlag gebracht worden iſt, die doch einen ſo beträchtlichen Einfluß hat. So wird z. B. ein Stab von weichem Wachſe ſich durch ein angehängtes Gewicht erſt dünner ziehen laſſen, ehe er reißt, und alsdann in einer weit kleinern Fläche reißen, als man anfänglich annahm. So iſt es mit allen dehnbaren Körpern, und dieſe größere Dehnbarkeit iſt vielleicht der Grund, warum z. B. das dichtere Bley bey gleicher Dicke eher reißt, als Kupfer, u. ſ. w. Hierzu kommt denn noch Verſchiedenheit des Gefüges, das dicht, blätterig, körnig, u. ſ. w. ſeyn kann.

Petr. v. Muſchenbroek introductio ad cohaerentiam corporum firmorum; in ſeinen *Diſſertat. phyſic. experimental.* L. B. 1729. 4 S. 423. ff.; und noch weitläufiger, De cohaerentia et firmitate, in ſeiner *introduct. ad philoſoph. naturalem*, *Vol.* I. S. 390. ff.

Er ſtellte Verſuche an mit reinen Metallen, mit legirten Metallen, mit Stricken, mit Hölzern, mit Tüchern, mit Fellen, mit Saiten, mit Knochen und mit Gläſern, — Ich will aus der großen Zahl ſeiner Verſuche nur die Reſultate der mit reinen Metallen angeſtellten hier mittheilen. Er ließ davon Parallelepipeda, oder viereckige Stangen gießen, deren Querſchnitte $\frac{17}{100}$ rheinländiſche Zoll ins Gevierte betrugen, dieſe mit dem einen, dazu eingerichteten, Ende ſenkrecht aufhängen und befeſtigen, und an das andere Ende eine mit Ketten verſehene Waagſchaale mit Gewichten aufhängen, die er ſo lange vermehrte, bis

die

die Stange zerriß. Er hat hierbey zugleich das eigenthümliche Gewicht der angewandten Metalle bemerkt.

Gold	zerriß	von	578	Pf.	eigenthüml.	Gew.	19,238
Kapellenſilber	—	—	1156	—	—	—	11,091
Kupfer	—	—	638	—	—	—	8,181
Japaniſches Kupfer			573	—	—	—	8,726
Deutſches Eiſen		—	1930	—	—	—	7,807
Engliſches Zinn		—	150	—	—	—	7,295
Eine andere Sorte		—	188	—			
Bancazinn	—	—	104	—	—	—	7,216
Malaccazinn	—	—	91	—	—	—	6,125
Engl. Bley	—	—	25	—	—	—	11,333
Spießglasmetall		—	30	—	—	—	4,500
Zink von Goslar		—	76 - 83		—	—	7,215
Wismuth	—	—	85 - 92		—	—	9,850

Wenn hierbey nur auf gleiche Dicke Rückſicht genommen wird, ſo würde ſich die Feſtigkeit der angeführten reſpectiven Metalle verhalten, wie die zu ihrem Zerreißen angewandten Gewichte, und das Eiſen z. B. wäre $\frac{1930}{25}$ oder $77\frac{1}{5}$ mal feſter als Bley, u. ſ. w.

Nach dem Guſſe geſchlagene Metalle wurden feſter; doch hatte das ſeine Gränzen, und ſie wurden bey zu lange fortgeſetztem Hämmern wieder weniger feſt.

Folgendes ſind die Reſultate einiger ſeiner Verſuche mit Holz, wovon er auch Parallelepipeda machen ließ, deren Queerſchnitte $\frac{27}{100}$ ins Gevierte betrugen:

Büchenholz	zerriß	von	1250	Pf.
Eichenholz	—	—	1250	—
Eichenholz	—	—	1150	—
Lindenholz	—	—	1000	—
Erlenholz	—	—	1000	—
Ulmenholz	—	—	900	—
Tannenholz	—	—	600	—
Fichtenholz	—	—	550	—

Mehr ins Große gehen Büffons Verſuche mit Holz (Expériences ſur la force des bois; in den *Mem. de l' acad. roy. des ſc.* 1740. S. 153, und 1741 S. 292.)

Des Hrn. Grafen von Sickingen Verſuche mit Metallen (Verſuche über die Platina. Mannheim 1782. 8.) geben andere Reſultate, als die Muſchenbroekſchen, indem er auch auf gleiche Längen Rückſicht nahm. Er ließ aus einigen Metallen Dräthe machen 0,3 Lin. (pariſ.) im Durchmeſſer, und 2 Fuß Länge, und es zerriß

Gold	von	16	Pf.	6	Unz.	—		$43\frac{2}{7}$	Gr. (franz. Gew.)
Silber	—	20	—	11	—	1	Q.	$43\frac{5}{7}$	—
Platina	—	28	—	7	—	3	—		—
Kupfer	—	33	—	7	—		—	64	—
Eiſen	—	60	—	12	—		—	8	—

Hiernach folgt alſo die Feſtigkeit der angeführten Metalle ſo auf einander, wie ſie ſelbſt hier nach einander ſtehen; da hingegen nach Muſchenbroek ſie ſo folgen würden: Kupfer, Gold, Silber, Eiſen.

Traité ſur les proprietés des alliages metalliques par Mr. *Achard*. à Berlin 1788. 4.

Kurze Abhandlung über die Theorie der Feſtigkeit der Materialien von Gottl. Ludwig von Pöllnitz. Leipz. 1 95. 8.

*) Metaphyſiſche Anfangsgründe der Naturwiſſenſchaft. S. 91.

§. 129. **Flüſſige Körper** (§. 122.) ſind ſolche, deren Theile von jeder noch ſo kleinen bewegenden Kraft an einander verſchoben werden können. Wir müſſen zwey weſentlich verſchiedene Gattungen flüſſiger Körper unterſcheiden, nämlich **liquide** und **expanſible.**

§. 130. **Liquide** oder **tropfbar-flüſſige Körper** (§. 121.) zeigen ſich unſern Sinnen als ein zuſammenhängendes Aggregat, und nehmen der Erfahrung zu Folge in kleinen Maſſen eine ſphäriſche Geſtalt an, oder bilden Tropfen, ſo bald die wechſelſeitige Anziehung ihrer Theile nicht durch andere Körper geſtört wird. Sie beſitzen allerdings einen gewiſſen Grad von Compreſſibilität, und äußern bey der Zuſammendrückung expanſive Elaſticität, wir dies Verſuche am Waſſer gelehrt haben.

Ueber die Elaſticität des Waſſers, theoretiſch und hiſtoriſch entworfen von F. A. W. Zimmermann. Leipzig 1779. 8.

§. 131. **Expanſible** oder **eigentlich-elaſtiſche Flüſſigkeiten** (§. 122.) zeigen ganz und gar keinen den Sinnen bemerkbaren Zuſammenhang ihrer Theile, und die anziehende Kraft ihrer Theile iſt durch die ſtärker wirkende abſtoßende Kraft derſelben ganz aufgehoben. Sie müßten vermöge dieſer überwiegenden expanſiven Kraft nach allen Seiten hin ohne Gränzen ſich ausbreiten, wenn nicht Schwerkraft eigener Theile oder überwiegende Anziehungskraft fremder

Stoffe

Stoffe dagegen dies verhinderte und ſo ihrer Expanſion Gränzen ſetzte.

§. 132. Die elaſtiſchen Flüſſigkeiten (§. 131.) ſind entweder **an ſich expanſible** oder **durch Mittheilung oder Ableitung expanſible.** Die erſtern, wie der Wärmeſtoff, beſitzen ihre expanſive Elaſticität urſprünglich, wenigſtens kennen wir bey dem Wärmeſtoffe keine Subſtanz, und unſere Sinne zeigen uns keine, von der wir ſeine überwiegende Expanſivkraft ableiten könnten. Die Luftarten und Dämpfe hingegen beſitzen eine abgeleitete Expanſibilität, und verdanken dieſelbe dem Wärmeſtoffe.

§. 133. Ferner unterſcheide ich **rein-expanſible** und **ſchwere expanſible Flüſſigkeiten.** Bey den erſtern, wie bey dem Wärmeſtoffe und Lichte, folgen die Theile in ihrer Bewegung außer der Expanſivkraft, ſie ſey urſprünglich oder abgeleitet, keiner andern Grundkraft, und ſie verbreiten ſich von dem Orte aus, wo die abſtoßende Kraft ihrer Materie thätig zu werden anfängt, nach allen Richtungen zu mit gleicher Leichtigkeit, und nur die ihrer Expanſivkraft entgegen wirkende Anziehung anderer Grundſtoffe kann der Verbr itung derſelben ins Unendliche Gränzen ſetzen. Dieſe rein-elaſtiſchen Flüſſigkeiten heißen auch **ſtrahlende.**

§. 134. Zur leichtern geometriſchen Conſtruction der Begriffe bey der Erklärung der Erſcheinungen der rein-expanſibeln Flüſſigkeiten iſt es zwar erlaubt, ſich die Verbreitung derſelben in **Strahlen,** und als **discreter** Theilchen in geraden Linien, vorzuſtellen; aber

in

in der Wirklichkeit iſt dieſe atomiſtiſche Vorſtellungs- art durch nichts zu erweiſen. Sie erfüllen vielmehr, wie alle Materien, auch bey der größeſten Dünne, ihren Raum mit Continuität.

§. 135. Die **ſchweren expanſibeln Flüſſigkeiten** (§. 133.), wie die Luftarten und Dämpfe, beſitzen alle eine abgeleitete expanſive Elaſticität. Die Erfahrungen in der Folge werden lehren, daß ſie alle aus einer **ponderabeln**, an ſich nicht expanſibeln, **Baſis**, die für ſich durch die wechſelſeitige Wirkung ihrer urſprünglich anziehenden und abſtoßenden Kraft die Aggregation der Feſtigkeit haben würde, und aus einem **an ſich expanſibeln** Stoffe, dem Wärmeſtoffe, beſtehen, durch deſſen überwiegende Expanſivkraft die urſprünglichen Attractionskräfte der Baſis derſelben verſchwinden müſſen. Eben die Schwere ihrer Theile hindert, daß ſie ſich nicht ſo, wie die rein-elaſtiſchen Flüſſigkeiten (§. 133.) verbreiten können.

§. 136. Von dieſen ſchweren elaſtiſchen Flüſſigkeiten (§. 135.) unterſcheiden wir zweyerley Arten: 1) **luftförmige, Gasarten,** oder **Luftarten** (Fluida aëriformia), und 2) **dampfförmige** oder **Dämpfe** (Vapores). Jene behalten ihre elaſtiſche Form bey jedem Grade der Zuſammendrückung, den wir anzuwenden im Stande ſind, und bey jedem uns bekannten Grade der Kälte; ſie beſitzen alſo in dieſen Umſtänden Permaneität der mitgetheilten Elaſticität, und ihre Zuſammenſetzung (§. 135.) wird durch mechaniſche Zuſammendrückung nicht aufgehoben. Dieſe hingegen, die dampfförmigen Flüſſigkeiten, verlieren

durchs

durchs Zuſammenpreſſen, ſo wie durch Kälte, ihre Form der elaſtiſchen Aggregation; die eigenen Anziehungskräfte der Theile ihrer Baſis werden nun wieder verſtärkt, und dieſe treten zum feſten oder liquiden Körper zuſammen, indem ſie ſich von einem Antheile des Wärmeſtoffs trennen.

§. 137. Alle tropfbar-flüſſige Körper, die wir kennen, haben dieſe Form ihrer Aggregation nicht ihren urſprünglichen Grundkräften zu danken, ſondern würden durch dieſe vielmehr ſämmtlich feſte Körper ſeyn. Ihre Liquidität iſt mitgetheilt, iſt Folge des Einfluſſes des expanſibeln Wärmeſtoffs, wie dies Erfahrungen in der Folge näher beweiſen werden. So hat alſo der Wärmeſtoff durch ſeine expanſive Kraft Antheil an der Hervorbringung der Form aller ſchweren expanſibeln und aller liquiden Körper.

So iſt z. B. das Waſſer unter 0° noch Reaum. ein feſter Körper (Eis); über 0° bis 80° bey dem gewöhnlichen Drucke der Atmoſphäre tropfbar-flüſſig (eigentliches Waſſer); bey 80° und darüber bey dem gewöhnlichen Drucke der Atmoſphäre elaſtiſch-flüſſig (Waſſerdampf).

§. 138. Ohne den Druck der Atmoſphäre, der die urſprünglichen Attractionskräfte der Theile verſtärkt, würden ſehr viele tropfbar-flüſſige Körper bey dem gewöhnlichen Grade der Wärme, wobey wir leben, gar nicht einmal als tropfbar-flüſſige erſcheinen; wir würden ſie als ſolche gar nicht kennen, ſondern ſie würden durch die nun überwiegend werdenden expanſiven Kräfte des mit ihnen verbundenen Wärmeſtoffs zu expanſibeln Flüſſigkeiten werden.

Ohne den Druck der Atmoſphäre würde das Waſſer ſchon bey dem Schmelzpuncte die Form der elaſtiſchen Flüſſigkeit annehmen und den Zwiſchenzuſtand des Tropfbar-flüſſigen gar nicht erhalten.

Ver-

Verſuche zur Beſtätigung mit warmen Waſſer, oder mit Aether unter der Glocke der Luftpumpe.

§. 139. Ein merkwürdiges Phänomen der den Theilen der Materie beywohnenden Anziehungskraft iſt die beſtimmte Geſtalt, welche die Theile annehmen, wenn jene ungehindert und frey darauf wirken kann. Bey den liquiden Körpern iſt es die Bildung der Tropfen bey den feſten die Kryſtalliſirung und das Gefüge (Textura), das in dieſer Rückſicht unſere nähere Betrachtung verdient.

§. 140. Alle liquide Körper nehmen der Erfahrung zu Folge in kleinen Maſſen eine ſphäriſche Geſtalt an und bilden Tropfen, ſo bald ſie nicht mit einem andern Körper ſo ſtark zuſammenhängen, daß ſie darauf oder daran zerfließen. So bildet fein zertheiltes Queckſilber auf Holz, auf Glas, auf Stein, und mehrern dergleichen Materien, lauter kleine Kügelchen; eben ſo auch Waſſer und Wein, auf Holz, Papier u. dergl., das mit Bärlappſamen beſtreut iſt; Oehl auf einer mit Waſſer feucht gemachten Tafel; und alle dergleichen flüſſige Körper überhaupt nehmen die Kugelgeſtalt an, wenn ſie in kleinen Maſſen durch die Luft fallen. Eine bloß träge flüſſige Maſſe würde auf jeden Fall die Figur behalten, die ſie einmal hätte, und keine Tropfen bilden. Hat ſie dieſe Figur noch nicht, ſo kann ſie nicht ohne Bewegung ihrer Theile zu einer runden Kugel werden. Schon die Bildung der Tropfen beweiſet alſo, daß eine Urſach da ſeyn muß, welche dieſe Wirkung hervorbringt. Die Schwere kann nicht die Urſach ſeyn, da ſie vielmehr

mehr der Bildung der Tropfen wirklich hinderlich iſt, wie die Erfahrung lehrt, und das Plattdrücken der auf feſten Körpern ruhenden Tropfen oder Kügelchen bewirkt, die um deſto mehr eine vollkommene Sphäre bilden, je kleiner ſie ſind, und je geringer ihr Gewicht iſt. Es bleibt nur die Kraft der Anziehung zwiſchen den Theilchen des tropfbar=flüſſigen Körpers allein übrig, aus der man auf eine genugthuende Weiſe dieſes Phänomen erklären kann. Wenn man nämlich vorausſetzt, daß alle Theilchen einer Materie mit gleicher Stärke ſich anziehen, und die Verſchiebbarkeit derſelben groß genug iſt, um ihrer Bewegung kein Hinderniß entgegen zu ſetzen, ſo folgt aus richtigen mechaniſchen Gründen, daß das Gleichgewicht dann erſt entſtehen könne, wenn die Maſſe eine Kugelgeſtalt angenommen hat.

Hierher gehört auch das Körnen der Metalle, und die Verfertigung des Schrotes aus Bley.

§. 141. Auch feſte Körper nehmen eine beſtimmte Form an, und ihre Theile bilden Gruppen von eigenen Geſtalten, ſo bald ſie ungehindert der Bewegung folgen können, welche die Anziehungskraft in beſtimmten Richtungen unter ihnen hervorbringt. Hier iſt nun der merkwürdige Umſtand, daß die Theilchen ſich nicht nach allen Richtungen mit gleicher Stärke anziehen, und daß die ſchon gebildeten kleinern Gruppen und Grundgeſtalten ſich in gewiſſen Flächen ſtärker anziehen, als in andern, und ſolchergeſtalt polyedriſche Solida bilden, die wir **Kryſtalle** (Cryſtalli) nennen.

§. 142.

§. 142. Damit nun feſte Körper Kryſtalle von beſtimmten und regelmäßigen Formen bilden, oder ſich gehörig kryſtalliſiren, iſt nöthig, 1) daß ſie erſt in den Zuſtand der Flüſſigkeit gebracht werden, um Verſchiebbarkeit der Theile im hohen Grade zu erhalten, und 2) daß ſie allmählig und ohne Störung wieder erſtarren oder aus Flüſſigkeit in Feſtigkeit übergehen, während welches Ueberganges aus Flüſſigkeit in Feſtigkeit ſich die Theile in beſtimmten Richtungen an einander fügen, und ſo Körper von beſtimmten Umriſſen, wenigſtens von beſtimmtem Gefüge bilden.

§. 143. Unter dieſer Bedingung kann man wohl von allen feſten Körpern behaupten, daß ſie eine gewiſſe beſtimmte Geſtalt annehmen, und dadurch entweder beſtimmte Formen im Umriſſe, oder wenigſtens ein beſtimmtes Gefüge erhalten. Die Natur zeigt uns dieſe regelmäßige Geſtalt und Fügung an unzähligen feſten Körpern in unzähligen Verſchiedenheiten, an Erden und Steinen, Salzen, Metallen, und Schwefel; und wenn zahlreiche Arten nicht in dieſer regelmäßigen Geſtalt oder Fügung erſcheinen, ſo läßt doch das, daß eben dieſe Arten ſonſt auch ſo angetroffen werden, ſchließen, daß bey ihrem Geſtehen die Bedingungen fehlten, unter welchen nur jenes Phänomen Statt finden kann. Bey einigen zähen Körpern, wie bey den dehnbaren Metallen, wird auch das regelmäßige Gefüge ihrer Theile bey der Trennung ſelbſt geſtört, und läßt ſich eben deßwegen nicht wahrnehmen. Die Kunſt kann freylich die Natur in der Configuration nicht immer nachahmen, da es ihr an

Mit-

Mitteln fehlt, viele Dinge in den dazu nöthigen Zuſtand der Flüſſigkeit zu verſetzen.

Beyſpiele an Kryſtalliſirung des Salpeters, Glauberſalzes, und anderer Salze.

Kryſtalliſirung verſchiedener Salze in einzelnen Tropfen ihrer Auflöſung, die nachher mikroſkopiſch betrachtet werden.

Der Silberbaum oder Dianenbaum.

Der Bleybaum.

Der Zinnbaum.

de Romé Deliſle Eſſay de Cryſtallographie. à Paris. 1772. gr. 8. Verſuch einer Kryſtallographie von Herrn de Romé Deliſle, aus dem Franz. von Chr. Ehrenfr. Weigel. Greifswald 1777. gr. 8. Cryſtallographie, ou déſcription des formes propres à tous les corps du regne mineral, par Mr. *Romé Deliſle*. Sec. edit. à Paris. T. I — IV. 1784. 8. *Torb. Bergmann* de formis cryſtallorum, praeſertim e ſpatho ortis; in ſeinen *opuſc. phyſico-chemicis. Vol. II.* S. 1. ff. Von den äußerlichen Kennzeichen der Foſſilien, abgefaßt von A. G. Werner. Leipz. 1774. 8.

§. 144. Die zur Bildung der Kryſtalle, oder wenigſtens eines beſtimmten Gefüges, nöthige erſte Bedingung, die leichte Verſchiebbarkeit der Grundmaſſen durchs Flüſſigwerden, wird bey feſten Körpern entweder durchs Schmelzen, oder durchs Auflöſen in andern liquiden Körpern, oder durch Verwandlung in Dampf, oder auch durch höchſt feine Zertheilung in einem flüſſigen Mittel, ertheilt; und die andere Bedingung, die Wiederwegnahme deſſen, was ſie flüſſig machte, wird entweder durch Erkältung und Gefrieren, oder durch Verdunſtung des Auflöſungsmittels, oder durch Niederſchläge, oder durch Ruhe und Bodenſätze erhalten, wobey nun freylich überhaupt keine andere Art der Bewegung, wie Schütteln, Umrühren, die Ziehung der feſtwerdenden Theile hindern und ſtören muß. Bey einem zu plötzlichen Uebergange zur Feſtigkeit haben die

Theilchen nicht Zeit genug, ſich regelmäßig an einander anzulegen, und die Bildung wird unförmlich.

Beyſpiele von der Bildung der Kryſtalle oder wenigſtens eines regelmäßigen Gefüges unter den angeführten Bedingungen 1) des Schmelzens und Erkältens ſind: das Eis, beſonders bey dem Gefrieren der Fenſter, der Schwefel, der Spießglaskönig, der Wismuth rc.; 2) des Auflöſens in tropfbarer Flüſſigkeit: a) des Abdunſtens oder Abkühlens: die mannichfaltigen Salzkryſtalle, der Schwefelrubin, b) des Niederſchlagens: die Metallbäumchen rc.; 3) der Verwandlung in Dampf und Abkühlung: der Schnee, die kryſtalliniſchen Sublimate, und ſo genannten chemiſchen Blumen; 4) des feinen Zertheilens in Waſſer oder in andern Mediis; die Bildung der kalkigen Stalactite und Tophe.

Bey der Bildung organiſcher Körper müſſen wir endlich auch bey dieſer Grundkraft der Cohärenz als letzter Urſach ſtehen bleiben, und ſelbſt der Bildungstrieb des Hrn. Blumenbach löſt ſich zuletzt darin auf.

§. 145. Sehr viele größere Kryſtalle laſſen ſich mechaniſch in andere kleinere zertrennen, die entweder den größern in der Geſtalt ähnlich ſind, oder nicht. Das erſtere findet Statt, wenn die Theilungen des größern Kryſtalles mit allen ſeinen Flächen parallel geführt werden können; widrigen Falls ſind ſie ihm unähnlich. Herr Haüy hat dieſen Gegenſtand mit ſehr vieler Genauigkeit bey den Foſſilien unterſucht, und aus der Anhäufung von gewiſſen kleinern primitiven Grundgeſtalten nach gewiſſen Geſetzen die Entſtehungsart größerer Kryſtalle von ſecundären Geſtalten ſehr glücklich entwickelt.

Nach Hrn. Haüy laſſen ſich alle bis jetzt gefundene primitive Formen der Foſſilien auf ſechs zurückbringen, nämlich: das Parallelepipedum, wohin der Würfel, die Rhomboide, und alle Solida gehören, die von ſechs Flächen eingeſchränkt werden, wovon je zwey parallel ſind; das regelmäßige Tetraëdrum; das regelmäßige Octaëdrum; die ſechsſeitige Säule; das Dodecaëdrum mit gleichen und ähnlichen Rautenflächen; und das Dodecaëdrum mit dreyſeitigen gleichſchenkligen Flächen.

Des Hrn. Haüy Abriß der Theorie von der Structur der Kryſtalle; in Grens neuem Journ. d. Phyſ. B. II. S. 418. ff.

Phäno-

Phänomene der Cohärenz der Körper.

§. 146. Nicht allein die Theile eines und eben deſſelben Körpers hängen unter einander zuſammen, ſondern auch die Körper von einerley Art unter einander ſelbſt, wenn ſie ſich berühren, und zwar um deſto ſtärker, je genauer und in je mehr Puncten ſie ſich berühren.

Beyſpiele des Zuſammenhängens 1) flüſſiger Körper giebt das Zuſammenfließen der Waſſertropfen, der Queckſilberkügelchen, der Oehltropfen, bey ihrer Berührung; 2) feſter Körper, das Zuſammenhängen zwey geſchliffener Meſſingplatten und Glasplatten.

§. 147. Auch Körper von ungleicher Art hängen unter einander zuſammen, wenn ſie ſich genau genug berühren. Dieſe Stärke des Zuſammenhanges iſt zwiſchen verſchiedenen ungleichartigen Körpern bey gleicher Berührungsfläche ſehr verſchieden.

Verſuche: 1) Zwey Metallplatten, Glasplatten, oder Marmorplatten, die mit Waſſer oder Fett beſtrichen ſind, hängen ſtark zuſammen.

2) Es werde eine runde dicke Meſſingplatte vermittelſt eines in der Mitte derſelben befindlichen Hakens durch einen Faden an den Arm eines Waagebalkens ſo aufgehängt, daß ſie genau horizontal hänge; ſie werde an der Waage ins Gleichgewicht gebracht, und dann auf die Fläche von untergeſetztem Waſſer, Weingeiſt und Queckſilber ſo gelegt, daß keine Luftblaſen darunter bleiben. Die Waage wird aus dem Gleichgewicht gebracht ſeyn, und es werden Gewichte erfordert werden, um die Platte loszureißen. Dieſe Gewichte werden bey den verſchiedenen Flüſſigkeiten verſchieden ſeyn müſſen.

Der Druck der Luft kann von dieſer Erſcheinung nicht die alleinige Urſach ſeyn, da ſie auch unter dem leeren Recipienten der Luftpumpe Statt hat, obgleich hier die Stärke des Zuſammenhanges vermindert iſt. Wäre der Druck der Luft die alleinige Urſach, ſo müßte die Stärke des Zuſammenhanges ſich bloß nach der Fläche richten, was doch nicht iſt.

Muſchenbroek (introd. ad philoſ. natural. T. I. §. 1096.) ließ Cylinder aus verſchiedenen Materien verfertigen, deren Durchmeſſer 1,916 rheinl. Zoll betrug, und die Grundflächen derſelben ſehr genau ſchleifen und poliren. Er beſtrich die Grund-

Grundflächen je zweyer Cylinder von einerley Art nach der Erwärmung mit Rindstalg, befeſtigte den obern, und riß nun den untern durch angehängte Gewichte, nach dem völligen Erkalten des Talges, ſenkrecht ab. Er nimmt an, daß der Druck der Luft hierbey 41 Pf. betragen habe, und dieſen bringt er mit in Anſchlag, und da fand er denn folgende Reſultate: es hingen zuſammen:

				nach Abzug des Drucks der Luft von 41 Pf.	
Cylinder von Glas	mit	130	Pf.	mit 89	Pf.
Meſſing	ſ	150	ſ	ſ 109	ſ
Kupfer	ſ	200	ſ	ſ 159	ſ
Silber	ſ	125	ſ	ſ 84	ſ
gehärtetem Stahl	ſ	225	ſ	ſ 184	ſ
weichem Eiſen	ſ	300	ſ	ſ 259	ſ
Zinn	ſ	100	ſ	ſ 59	ſ
Bley	ſ	275	ſ	ſ 231	ſ
Zink	ſ	100	ſ	ſ 59	ſ
Wismuth	ſ	150	ſ	ſ 109	ſ
weißem Marmor	ſ	225	ſ	ſ 184	ſ
ſchwarzem Marmor	ſ	230	ſ	ſ 189	ſ
Elfenbein	ſ	108	ſ	ſ 67	ſ

Hr. v. Morveau ließ von verſchiedenen Metallen runde Platten von gleicher Größe und Geſtalt machen, die 1 Zoll im Durchmeſſer hatten, und beſtimmte die Kraft, mit der ſie auf Queckſilber hingen. Es hing daran

das Gold mit einer Kraft von	446	Granen
das Silber ſ ſ ſ ſ	429	ſ
das Zinn ſ ſ ſ ſ	418	ſ
das Bley ſ ſ ſ ſ	397	ſ
der Wismuth ſ ſ ſ	372	ſ
der Zink ſ ſ ſ ſ	204	ſ
das Kupfer ſ ſ ſ	142	ſ
der Spießglaskönig ſ ſ	126	ſ
das Eiſen ſ ſ ſ	115	ſ
der Kobold ſ - ſ	8	ſ

(Man ſehe Anfangsgründe der theoretiſchen und practiſchen Chemie von Hrn. de Morveau, Maret und Durande, a. d. Franz. von Chriſt. Ehrenfr. Weigel, Th. 1. Leipz. 1779. 8. S. 49. ingleichen: Expériences faites en préſence de l'Acad. de Dijon, le 12. Fevr. 1773. par Mr. *de Morveau;* in *Obſ. de Phyſique de Mr. l'Abb. Rozier.* T. I. S. 172. und 460.).

Nachricht von den Reſultaten einer großen Anzahl von Verſuchen dieſer Art findet man bey Hrn. Achard: Verſuche über die Kraft, mit welcher die feſten und flüſſigen Körper zuſammenhangen, nebſt der Beſtimmung der Geſetze, denen dieſe Kraft in Abſicht ihrer Vermehrung oder Verminderung nach der Natur einer jeden Flüſſigkeit unterworfen iſt; in ſeinen chymiſch-phyſ. Schriften S. 354. ff.

§. 148. Es gründen ſich auf dieſe Kraft des Zuſammenhanges zwiſchen ungleichartigen Stoffen

das

das Zuſammenleimen, die **Kütte**, der **Mörtel**, das **Löthen**, das **Verzinnen**, das **Verſilbern**, das **Vergolden**.

§. 149. Aus verſchiedenen bisher angeſtellten Verſuchen ſcheint das Geſetz zu folgen: **daß die Stärke der Cohäſion bey verſchiedenen Paaren von einerley Körpern, ſo wohl von gleichartigen als ungleichartigen, mit der Menge der Berührungspuncte im Verhältniſſe ſtehe.**

Verſuche: Runde geſchliffene Glasſcheiben, deren Durchmeſſer ſich wie 1, 2, 3 gegen einander verhalten, hängen mit Waſſer, mit verſchiedenen Kräften zuſammen, die ſich gegen einander ſehr nahe verhalten, wie 1^2, 2^2, 3^2, oder wie ihre Grundflächen. Man ſehe auch Achard a. a. O. Tab. 4. und 5.

§. 150. Es iſt noch kein Geſetz bekannt, nach welchem ſich die Größe der Kräfte des Zuſammenhanges bey Körpern von ungleicher Art richtete. Die Dichtigkeit der Körper ſteht damit in gar keinem Verhältniſſe; und es iſt keinesweges allgemein wahr, was **Hamberger** behauptete, daß eine flüſſige Materie von geringerm eigenthümlichen Gewichte mit einem Körper von einem größern eigenthümlichen Gewichte ſtärker zuſammenhänge, als unter ſich ſelbſt; oder daß flüſſige Materien von größerm eigenthümlichen Gewichte ſtärker unter ſich zuſammenhängen, als mit Körpern von geringerm eigenthümlichen Gewichte.

Hamberger elem. phyſices §. 157. 158.

§. 151. Auf den Zuſammenhang flüſſiger Materien mit feſten, der größer oder kleiner iſt, als der zwiſchen den Theilen der flüſſigen Materie ſelbſt, gründen

gründen ſich verſchiedene merkwürdige Phänomene. Wenn ein feſter Körper mit einem flüſſigen ſtärker zuſammenhängt, als der flüſſige unter ſich, ſo hängen ſich die Theile des letztern an den erſtern bey der Berührung an ihn an, und machen ihn naß, oder ſie zerfließen auf ihm; wenn hingegen die Cohäſionskraft zwiſchen den Theilen des flüſſigen Körpers ſtärker iſt, als zwiſchen dieſen und dem feſten Körper, ſo bleibt der letztere bey dem Hineintauchen in jenen trocken, und der flüſſige Körper zerfließt nicht darauf, ſondern bildet Kügelchen oder Tropfen (§. 140.). Da nun ſchwerere Flüſſigkeiten auf leichtern feſten Körpern allerdings zerfließen können, ſo iſt dies zugleich eine Beſtätigung des vorigen Satzes (§. 149.).

Beyſpiele: Queckſilber zerfließt auf Gold, Silber, Bley, Zinn, und man kann allerdings ſagen, es mache dieſe Körper naß; es zerfließt hingegen nicht auf Eiſen, Glas, Holz, Stein. Waſſer zerfließt auf Glas, Holz, unſerer Haut, und macht daher dieſe naß; es zerfließt hingegen nicht auf einer mit Fett beſtrichenen oder beſſer mit Bärlappſaamen beſtrichenen Tafel; man kann ſolchergeſtalt, wenn man auf die Fläche des Waſſers Bärlappſaamen ſtreuet, durch denſelben hindurch ins Waſſer greifen, ohne daß die Finger naß werden. Fließende Metalle zerfließen nicht auf Steinen und erdigen Maſſen, und bilden darauf in kleinen Maſſen Kügelchen oder Tropfen.

§. 152. Ferner, wenn flüſſige Materien in ihren Theilen ſtärker zuſammenhängen, als mit den Theilen eines feſten Körpers, ſo nehmen ſie in den aus dem letztern gemachten Gefäßen eine convexe Oberfläche an, die dem Abſchnitte einer Kugel um deſto näher kommt, je kleiner der Durchmeſſer des Gefäßes iſt. Taucht man den feſten Körper in den flüſſigen dieſer Art hinein, ſo bildet die Flüſſigkeit rund um ihn herum eine Vertiefung.

Beyſpiele:

Beyſpiele: Queckſilber ſteht in gläſernen Röhren mit einer convexen Fläche; fließende Metalle ſtehen in den irdenen Schmelzgefäßen mit einer convexen Fläche; Waſſer ſteht in einem mit Fett ausgeſtrichnen und mit Bärlappſaamen beſtreueten Glaſe mit convexer Fläche. Eine Glasröhre, Holz, der Finger in Queckſilber getaucht verurſacht rund umher eine Vertiefung im Queckſilber.

Nach hydrauliſchen Geſetzen ſollte die Flüſſigkeit in Gefäßen dieſer Art eine vollkommen horizontale Oberfläche haben, und ſie würde es thun, wenn die Theilchen ungehindert, ohne Cohäſion, der Schwere folgten. Wenn ſie hinwiederum bloß der Cohärenz gleichförmig folgten, und nicht zugleich ſchwer wären, ſo würden ſie auch in dem weiteſten Gefäße eine vollkommene convexe Kugelfläche bilden. Sind ſie aber nun zu gleicher Zeit ſchwer und cohärirend, ſo werden die mittlern Säulen ſinken müſſen, wenn ſie um ſo viel höher ſtehen, als die äußere, daß ihr ſenkrechter Druck durch die Schwere mehr beträgt, als die Kraft der Cohärenz zu erhalten vermögend iſt. Nur an den Seiten wird dann die Convexität wahrzunehmen ſeyn.

§. 153. Wenn hingegen flüſſige Körper in ihren Theilen ſchwächer zuſammenhängen, als mit den Theilen eines feſten Körpers, ſo ſtehen ſie in den aus letztern gemachten Gefäßen mit einer concaven Fläche, oder ſie ſtehen am Rande höher, als in der Mitte. Und eben ſo bildet auch die Flüſſigkeit um einen ſolchen feſten Körper rings herum eine Erhöhung.

Beyſpiele: Queckſilber ſteht in zinnernen oder bleyernen Gefäßen mit einer concaven Fläche; eben ſo auch Waſſer in gläſernen Gefäßen. Um eine ins Waſſer getauchte Glasſtange ſteht daſſelbe rund herum erhöhet; ſo auch das Queckſilber um eine Zinnſtange.

Die Flüſſigkeit würde nach hydrauliſchen Geſetzen, wenn ihre Theile bloß der Schwere, ohne Cohärenz, folgten, eine vollkommene horizontale Fläche annehmen. Wenn ſie aber nun mit den Theilen der feſten Körper cohäriren, ſo werden die Theilchen derſelben, die die Wand des Gefäßes berühren, dadurch in ihrem ſenkrechten Drucke nach unten zu vermindert werden, (gewiſſer Maaßen durch das Ankleben an die Wand des Gefäßes), und ſie werden an der Wand umher um ſo viel höher ſtehen müſſen, als ihr verminderter Druck mit dem Drucke der davon entfernten Säulen das Gleichgewicht halten kann.

§. 154. Hierauf gründet ſich nun einzig und allein das Phänomen der Haarröhrchen (Tubi capillares).

Bayerische
Staatsbibliothek
München

lares). Man verſteht darunter hohle gläſerne Röhren, deren Höhlung etwa den Durchmeſſer eines Pferdehaares und etwas darüber hat, und die an beyden Enden offen ſind. Stellt man die untere Oeffnung in eine Flüſſigkeit, die auf Glas zerfließt, ſo ſteigt in kurzer Zeit die Flüſſigkeit darin in die Höhe und erhebt ſich über die Oberfläche der äußern Flüſſigkeit, und zwar zu einer größern oder geringern Höhe, nach der Enge des Haarröhrchens und der verſchiedenen Natur der Flüſſigkeit.

Verſuche mit gläſernen Haarröhrchen in Waſſer, Milch, Lackmustinctur, Tinte, u. dergl.

Das Haarröhrchen muß oben offen ſeyn, ſonſt wird die eingeſchloſſene Luft durch ihren Gegendruck beym Zuſammenpreſſen das Aufſteigen hindern.

Wenn die gefärbten Flüſſigkeiten durchſichtig ſind, ſo laſſen ſie ſich in dem Haarröhrchen nicht gut unterſcheiden, weil ſich wegen der Dünne der Säule die Farbe verwiſcht. Um dieſe beſſer wahrzunehmen, klebt man das Haarröhrchen auf einen Papierſtreifen. Undurchſichtige Flüſſigkeiten, als Milch, laſſen ſich darin leicht wahrnehmen.

§. 155. In dieſen Haarröhrchen ſteht die Flüſſigkeit an den Seiten ebenfalls höher, als in der Mitte (§. 153.); aber wegen der geringen Entfernung fließt der Ring, welchen die Flüſſigkeit an den Seiten bildet, zuſammen; wegen der fortwirkenden Urſach der Cohäſion ſteigt das Waſſer an den Seiten nun abermals höher, fließt wieder zuſammen, u. ſ. f., bis endlich das Gewicht der Säule der in dem Haarröhrchen aufgeſtiegenen Flüſſigkeit im Gleichgewichte ſteht mit der Cohäſion, die zwiſchen dem Glaſe und der Flüſſigkeit obwaltet. Denn nun hat das Aufſteigen natürlicher Weiſe ſeine Gränzen.

Es verſteht ſich, daß die Flüſſigkeit keine merkliche Viſcoſität haben müſſe.

§. 156. Da der Grund des Aufſteigens der Flüſſigkeiten in Haarröhrchen einzig und allein in der Kraft des Zuſammenhanges derſelben mit dem Glaſe zu ſuchen iſt, ſo läßt ſich auch leicht einſehen, daß dieſes Aufſteigen und die Höhe deſſelben bey den verſchiedenen Flüſſigkeiten ſich ſo wenig nach einem bekannten Geſetze richte, als die Cohäſion der Körper überhaupt (§. 150.), ſondern daß ſie vielmehr erſt jedesmal durch Erfahrung gefunden werden müſſe.

§. 157. Es läßt ſich hieraus erklären, warum die Höhe des Aufſteigens der Flüſſigkeiten mit ihrem ſpecifiſchen Gewichte in keinem Verhältniſſe ſteht; und warum auch ſelbſt, nach Muſchenbroeks Verſuchen, die Beſchaffenheit des Glaſes auf die Höhe, zu welcher einerley Flüſſigkeit in Haarröhren von einerley Durchmeſſer ſteigt, Einfluß haben kann.

Nach Muſchenbroek (introductio in philoſophiam naturalem T. I. S. 373.) ſtiegen in Haarröhrchen von gleichem Durchmeſſer aus holländiſchem Flaſchenglaſe:

Deſtillirtes Waſſer	3,40	Zoll rheinl.
Liquor anodynus	1,40	=
Alcohol	1,80	=
Aetzender Salmiakgeiſt	3,60	=
Luftſaurer Salmiakgeiſt	4,56	=
Salpetergeiſt	2,07	=
Salzgeiſt	2,07	=
Vitriolgeiſt	3,25	=
Vitriolöhl	1,30	=
Terpentinöhl	2,58	=

In Haarröhrchen, von eben dem Durchmeſſer, aber aus andern Glasſorten, waren die reſpectiven Höhen eben dieſer Flüſſigkeiten größer und kleiner.

Es wäre überhaupt der Mühe werth, zu unterſuchen, ob nicht diejenigen Flüſſigkeiten, die mit einer Glasplatte ſtärker cohäriren, in den aus eben dem Glaſe derſelben verfertigten Haarröhren höher ſtehen würden, als andere minder ſtark damit cohärirende.

§. 158. Flüſſigkeiten, welche auf dem Glaſe nicht zerfließen, ſteigen auch in gläſernen Haarröhren nicht in die Höhe. Es iſt alſo bloß die Kraft der Anziehung zwiſchen dem Glaſe und der Flüſſigkeit, welche das Aufſteigen derſelben in Haarröhren bewirkt (§. 155.), nicht der Druck der Luft, oder eines eingebildeten Aethers.

Petr. van Muſchenbroek de tubis capillaribus vitreis, in ſeinen *diſſ. phyſ.-experim.* S. 271. Tentamen theoriae, qua aſcenſus aquae in tubis capillaribus explicatur, auctore *Ioſ. Weitbrecht*, in den *Comment. acad. petropolit.* T. VIII. S. 262. *C. B. Funccii* Diſſ. de aſcenſu fluidorum in tubis capillaribus, Commentat. I. II. Lipſ. 1773. 4.

§. 159. Die Höhen, zu welchen einerley Flüſſigkeit in Haarröhrchen von verſchiedenem Durchmeſſer und von einerley Glaſe aufſteigt, verhalten ſich umgekehrt wie die Durchmeſſer der Haarröhren. Denn in einem Haarröhrchen, daß noch einmal ſo weit iſt, als ein anderes, müßte die Flüſſigkeit viermal niedriger ſtehen, weil ſie viermal ſo viel Gewicht hat (§. 155.); da aber das noch einmal ſo weite Haarröhrchen auch noch einmal ſo viel Berührungspuncte hat, die Cohäſion von einerley Körper aber den Berührungspuncten proportionirt iſt (§. 149.), ſo müßte die Flüſſigkeit deswegen in dieſem noch einmal ſo weiten Haarröhrchen auch noch einmal ſo hoch ſteigen, als in dem engern. Die Höhen einer flüſſigen Materie in den Haarröhrchen ſind ſolchergeſtalt in einem zuſammengeſetzten Verhältniſſe aus dem geraden der Diameter und dem umgekehrten der Quadrate der Diameter; ſie verhalten ſich folglich verkehrt wie die Diameter.

Geſetzt,

Geſetzt, es ſey ein Haarröhrchen A, deſſen Durchmeſſer = 1, und ein anderes B, deſſen Durchmeſſer = 2 iſt, ſo ſollte, weil das Gewicht die Urſach des verhinderten weitern Aufſteigens der Flüſſigkeit in Haarröhren iſt, und der Inhalt der Cylinder ſich verhält wie das Product aus dem Quadrate der Durchmeſſer der Grundflächen in die Höhen, um gleiches Gewicht der aufgeſtiegenen Säule zu haben, die Höhe

1) in A zu der in B ſeyn $= 2^2 : 1^2 = 4 : 1$.

Weil aber die Peripherie von A zu der von B ſich verhält wie die Durchmeſſer; auch ferner die größere Peripherie mehr Berührungspuncte darbietet, und die Cohäſion zwiſchen einerley Körpern ſich verhält wie die Menge der Berührungspuncte: ſo ſollte die Höhe

2) in A zu der in B ſeyn $= 1 : 2$.

Wir haben alſo ein zuſammengeſetztes Verhältniß, wovon wir die Glieder multipliciren müſſen, um ein einfaches zu erhalten. Es iſt alſo die Höhe

in A : B = 4 : 1 (wegen 1)
in A : B = 1 : 2 (wegen 2)

folglich in A : B = 4 : 2 = 2 : 1; dies iſt umgekehrt wie die Durchmeſſer.

§. 160. Wenn man zwey platte, reine Glasſtreifen unter einem ſpitzigen Winkel über einander ſetzt, und einen Tropfen dünnes Oehl, Waſſer oder Weingeiſt, kurz, eine Flüſſigkeit, die mit dem Glaſe zuſammenhängt, und keine merkliche Viſcoſität hat, ſo dazwiſchen bringt, daß der Tropfen beyde Glasplatten berührt, ſo wird er ſich mit beſchleunigter Geſchwindigkeit nach dem Winkel beyder Glasplatten hin bewegen. Eben dies widerfährt auch einem Queckſilbertropfen zwiſchen zwey reguliniſchen Zinnplatten.

Wird der Tropfen k (Fig. 18.) zwiſchen die beyden Platten AC und BC gebracht, die unter dem ſpitzen Winkel ACB über einander geſtellt ſind, und mit denen er zuſammenhängt, ſo wird er die Figur defg annehmen müſſen. Weil nun der Tropfen k gegen die beyden Platten AC und BC die Kraft der Cohärenz äußert, die Wirkung einer jeden Kraft aber nach der Verpendiculärlinie geſchieht (§. 95.), ſo muß auch der Waſſertropfen mit der Kraft km in die obere, und mit der Kraft kn in die untere wirken. Da nun beyde Kräfte einen Winkel mkn einſchließen, ſo wird der Tropfen durch die Diagonallinie kC getrieben werden.

Je

Je näher er aber nach C kommt, deſto platter und breiter wird er; folglich deſto mehr wird die Menge der Berührungspuncte vermehrt werden. Die Kraft der Cohärenz wird alſo um ſo ſtärker wirken, und daher die Bewegung nach der Direction kC beſtändig vermehren.

§. 161. Wenn man zwey reine Glastafeln unter einem ſpitzigen Winkel an einander ſetzt, und beyde vertical in Waſſer oder eine andere Flüſſigkeit ſtellt, die auf dem Glaſe zerfließt, ſo wird dieſe zwiſchen dem Winkel beyder Platten in die Höhe ſteigen, und der Rand der aufgeſtiegenen Flüſſigkeit wird eine Hyperbel bilden.

Wenn man zwey Glasplatten ADG (Fig. 19.) und ECB mit der einen Kante A und B ſo an einander fügt, daß ſie mit der vordern DG und EC von einander abſtehen, und den ſpitzen Winkel GBC bilden, ſo wird, wenn man ſie vertical in Waſſer hält, dies in dem Winkel in die Höhe ſteigen, und die Figur imfg annehmen. Denn weil man ſich zwiſchen beyden Platten lauter Haarröhrchen denken kann, die deſto enger ſind, je näher ſie nach AB zu ſtehen, ſo wird, nach dem Geſetze der Haarröhren, das Waſſer um deſto höher ſteigen, je kleiner der Abſtand beyder Platten wird. Durch richtige Ausmeſſung hat man gefunden, daß gfmi eine Hyperbel ſey, deren Aſymptoten AB und BC ſind. Denn Bp verhält ſich zu Bn, wie der Abſtand der Glasplatten qp zu on; es iſt aber die Höhe mn zu der fp in umgekehrtem Verhältniſſe der Abſtände der Platten an dieſen Orten, oder wie Bp zu Bn. Folglich wird auch Bp $\times$ fp = Bn $\times$ mn ſeyn, und alſo die Eigenſchaft einer Hyperbel haben.

Muſchenbroek introd. ad philoſ. nat. §. 1062.

§. 162. Wenn man eine kleine hohle Glaskugel auf das Waſſer in einem Trinkglaſe ſetzt, ſo wird ſie in der Mitte der Waſſerfläche ruhig bleiben. So wie ſie aber der Wand des Gefäßes nahe kommt, ſo wird ſie ſich mit beſchleunigter Geſchwindigkeit nach derſelben hin bewegen. Eben ſo bewegt ſie ſich auch von der Mitte des Waſſers gegen den Finger, oder einen andern Körper, den man ins Waſſer ſteckt,

und der davon naß wird; und zwey Glaskügelchen bewegen ſich mit beſchleunigter Geſchwindigkeit gegen einander, wenn ſie auf der Mitte des Waſſers ſchwimmen, und einander nahe genug kommen. Auch dieſe Phänomene folgen aus der Cohäſion bey der unmittelbaren Berührung, und wir brauchen auch dazu keine anziehende Kraft, die in der Entfernung ſchon wirkſam wäre.

Es befinde ſich ein hohles Glaskügelchen G (Fig. 20.) auf der Mitte der Waſſerfläche ef des Gefäßes ABCD. Es wird, ob es gleich darauf ſchwimmt, ſich doch nach hydroſtatiſchen Geſetzen darein bis zu einer gewiſſen Tiefe einſenken. Das Waſſer, das damit cohärirt, wird daran, wie in g und h, und ſo rund herum, ſich erheben, und einen kleinen Waſſerberg um das Kügelchen bilden. Da nun das Waſſer in g und h, und ſo um das Ganze herum, gleich hoch ſteht, ſo wird es auch daſſelbe nach allen Puncten gleich ſtark ziehen, und die entgegengeſetzten gleich großen Kräfte werden ſich wechſelſeitig aufheben, folglich keine Bewegung hervorbringen.

So wie aber das Kügelchen der Wand des Gefäßes näher kommt, z. B. der Wand A, und ſich nun in H befindet, ſo wird der an der Wand A in e aufgeſtiegene Waſſerberg mit den am Kügelchen auf der Seite in k befindlichen zuſammenfließen, und das Waſſer wird folglich auf dieſer Seite an dem Kügelchen und zwiſchen der Wand wieder höher ſteigen. Da nach dem Puncte des Kügelchens zu, der der Wand A am nächſten iſt, das aufgeſtiegene Waſſer auf beyden Seiten um deſto höher treten muß, weil der Abſtand von der Wand da am kleinſten iſt, (wie vorher (§. 161.) bey den Glasplatten), ſo wird, wegen des Zuſammenfließens dieſer Waſſerberge auf beyden Seiten des Kügelchens zunächſt der Wand, und des Anhängens des Waſſers an das leicht bewegliche Kügelchen, dieſes von zwey Kräften getrieben werden, die einen Winkel einſchließen, und ſich nach der Diagonale beyder Richtungen, das iſt, nach der Wand zu, bewegen. Je näher das Kügelchen der Wand kommt, deſto höher wird das Waſſer an ihm und der Wand in die Höhe ſteigen, weil der Abſtand beyder nun immer kleiner wird. Je höher aber das Waſſer an der Kugel hinaufſteigt, deſto größer wird die Anzahl der Berührungspuncte zwiſchen ihr und dem Waſſer. Da nun ſolchergeſtalt die Cohärenz des Waſſers von der Seite k ſtärker wirkt, als auf der Seite l, ſo wird das Kügelchen ſich nach der Seite k bewegen, und zwar um deſto ſchneller, je näher es nach A kommt.

Eben

Eben dieſe Bewandtniß hat es nun auch, wenn man in der Nähe des Kügelchens den Finger ins Waſſer ſteckt; denn das Waſſer wird an dieſem auch in die Höhe ſteigen, wie an der Wand des Gefäßes, und dieſelbige Urſach Bewegung des Kügelchens hervorbringen, die es gegen die Wand zu bewegt.

Weil ferner das Waſſer ſtärker mit dem Glaſe und dem Finger zuſammenhängt, als unter ſich, ſo wird das Kügelchen dem Zuge des Fingers folgen, an dem das Waſſer gewiſſer Maaßen, ſo wie an dem Kügelchen, klebt.

Aus dem Angeführten wird man nun leicht einſehen, warum zwey Kügelchen, die vom Rande des Gefäßes entfernt in die Mitte des Waſſers gelegt werden, ſich gegen einander bewegen, wenn ſie einander nahe genug gekommen ſind.

§. 163. Wenn ein Gefäß mit einer Flüſſigkeit, die ſonſt damit cohärirt, übervoll angefüllt wird, ſo wird ſie aus derſelben Urſach, warum eine Flüſſigkeit für ſich allein Tropfen bildet (§. 140.), eine convexe Oberfläche erhalten, die deſto mehr der ſphäriſchen Geſtalt nahe kommt, je kleiner der Durchmeſſer des Gefäßes iſt. Es iſt hier ganz ſo wie mit den Oberflächen der Flüſſigkeiten in Gefäßen, die damit nicht cohäriren (§. 152.). Legt man nun ein hohles Glaskügelchen auf ein mit Waſſer übervoll gefülltes Glas, ſo wird es ſich von dem convexen Rande weg nach der Mitte zu bewegen.

Geſetzt, es befinde ſich ein hohles Glaskügelchen G (Fig. 21.) auf der convexen Fläche AC des Waſſers in dem damit übervoll angefüllten Gefäße ABCD, ſo wird ſich, wenn es am Rande A ſteht, zur Seite l weniger Waſſer erheben, als in k, weil der Winkel in k zwiſchen dem Waſſer und dem Kügelchen ſpitzer iſt, als in l. Es wird ſich alſo wegen der ſtärkern Cohärenz in k nach k zu vom Rande abwärts bewegen, bis ſich in der Mitte der Fläche um das Kügelchen herum das Waſſer gleich hoch befindet.

§. 164. Wenn eine Flüſſigkeit aus einem Gefäße, womit ſie ſtärker cohärirt, als unter ſich, und welches keinen nach außen umgelegten Rand hat, in

der

der geneigten Lage deſſelben ausgegoſſen wird, ſo läuft ſie längs der Wand des Gefäßes auswendig hinab, ohngeachtet ſie durch die Schwere nach der ſenkrechten Richtung herabgetrieben werden ſollte. Sie wird nämlich jetzt durch zwey Kräfte zu gleicher Zeit afficirt, die der Cohärenz und der Schwere, und muß eine mittlere Bewegung dadurch erhalten. Flüſſigkeiten hingegen, die mit dem Gefäße nicht cohäriren, laufen auch beym Ausgießen in der geneigten Lage des Gefäßes nicht längs der Wand deſſelben auswendig herab. Im gemeinen Leben giebt man, des erſtern Zufalles wegen, den zum Ausgießen der Flüſſigkeiten beſtimmten Gefäßen entweder einen umgebogenen Rand, oder Einſchnitte und Ausgüſſe, um dadurch die Richtung oder Menge der Berührungspuncte, und ſo die Stärke der Cohärenz, zu vermindern.

Beyſpiele: Waſſer fließt an der Wand eines vollen Trinkglaſes beym Neigen deſſelben herab; Queckſilber an der Wand eines zinnernen Gefäßes.

Waſſer fließt an der mit Fett beſtrichenen und mit Bärlappſaamen beſtreuten Wand eines Glaſes nicht herab. Queckſilber fließt an der Wand einer ſteinernen Schaale beym Ausgießen nicht herab.

Es ſey AB (Fig. 22.) ein mit Waſſer gefülltes Glas, das in die geneigte Lage gebracht worden iſt, ſo wird der Tropfen a zwar durch die Schwere in der Direction ac getrieben werden, aber die Cohärenz deſſelben mit dem Glaſe wird nach der auf der Wand ſenkrecht ſtehenden Wirkung ihn nach der Direction ab zu ziehen; er wird alſo nach der Richtung der Diagonallinie ae getrieben werden; dies wird von allen nachfolgenden Tropfen gelten, und ſie werden, wenn ſie unmittelbar hinter einander folgen, einen Waſſerſtrahl längs der Wand des Gefäßes ae machen. Wenn zu viel Waſſer auf einmal ausgegoſſen wird, ſo iſt das Gewicht des Waſſerſtrahls viel größer, als die Summe der Cohäſionskräfte in den berührenden Theilen, und dann fällt der Waſſerſtrahl ſenkrecht herab. Dies erfolgt auch, wenn das Gefäß horizontal gehalten wird. Alsdann wird die Richtung, nach der die Cohärenz auf das Gefäß wirkt, der der Schwere gerade entgegengeſetzt, und das Waſſer

muß

muß der Wirkung der größern Kraft folgen. Eben dies iſt auch der Fall, wenn der Tropfen in dem Puncte e iſt. Er wird nun nach der Direction ed durch die Cohärenz gegen das Gefäß, und nach ef durch die Schwere getrieben; beyde Kräfte ſind ſich entgegengeſetzt; und es kommt nun darauf an, welche Kraft die größeſte iſt, die bewegende Kraft der Schwere, d. h., das Gewicht des Waſſertropfens, oder die Cohärenz deſſelben mit dem Glaſe. Iſt das erſtere, ſo fällt er herab; iſt das letztere, ſo bleibt er hängen. Wenn der Waſſerſtrahl ſehr geſchwind am Glaſe herunter läuft, ſo erhält er durch den Fall eine Geſchwindigkeit und die Kraft, nach der Direction aei ſich fortzubewegen. Da er aber durch die Schwere zu gleicher Zeit, während er nach ei zu gehen fortfahren will, nach ef herabgetrieben wird, ſo durchläuft er ek, und die Folge wird lehren, daß dies eine paraboliſche Linie ſeyn müſſe.

§. 165. Wenn aus der Mündung einer engen Röhre, die etwa eine halbe Linie im Durchmeſſer hat, ein Waſſerſtrahl ſenkrecht hervorſpringt, und es wird derſelbe zur Seite mit einem cylindriſchen Körper berührt, der von der Natur iſt, daß das Waſſer auf ihm zerfließt; ſo wird er ſich um den cylindriſchen Körper herum bewegen, und herabfallen. Dies gilt von jeder Flüſſigkeit, die mit dem cylindriſchen Körper ſtärker zuſammenhängt, als unter ſich. Eben ſo wird auch das Waſſer aus einer ſenkrechten Röhre, die nicht ſehr weit, und von der Natur iſt, daß das Waſſer darauf zerfließt, wenn die Mündung der Röhre ſchief abgeſchnitten iſt, nicht in der ſenkrechten, ſondern in einer geneigten Richtung hervorſpringen. Dieſe Wirkung wird weder im erſten, noch im andern Falle erfolgen, wenn die Mündung der Röhre ſehr weit iſt. Flüſſigkeiten, die im erſten Falle nicht mit dem cylindriſchen Körper, und im zweyten nicht mit der Materie der Röhre ſtärker zuſammenhängen, als unter ſich, werden jene Erſcheinungen

nungen nicht zeigen, wenn auch die Mündung der Röhre ſehr enge iſt.

Es ſpringe (Fig. 23.) das Waſſer aus der engen Mündung b der Röhre ab in der ſenkrechten Richtung bck hervor, und es werde der Waſſerſtrahl in c mit einem runden gläſernen, metallenen, oder hölzernen Stabe berührt, ſo wird der Strahl gleich ſeine Richtung am Berührungspuncte ändern, um den Stab herum nach d, und weiter nach unten zu gehen, und von e herab in der Richtung ef fallen. Jeder den Stab berührende Tropfen ſtrebt durch die Kraft des Drucks, die ihn nach oben zu treibt (Fig. 24.), nach gk zu gehen; die Cohärenz mit dem Stabe aber macht, daß er ſenkrecht darauf angezogen wird, alſo nach der Richtung gc wirkt; er wird daher von zwey Kräften getrieben, gk und gc, und die Diagonale gg durchlaufen. Da aber die Kraft der Cohärenz gc ſtetig wirkt, ſo wird er alle Augenblicke von der Richtung der Tangente gk abgelenkt werden, folglich eine krumme Linie um den Stab herum beſchreiben, wo die Cohärenz nach der Richtung gc die Centripetalkraft, und der Sprung in der Linie gk die Tangentialkraft iſt. Durch die Wirkung der Schwere wird zwar dieſe Tangentialkraft beym Hinabſteigen des Strahls auf dem linken Halbkreiſe befördert, aber auch wieder unten dadurch geſchwächt; die Tropfen werden alſo unten langſamer bewegt werden, wenn ſie wieder der Richtung der Schwere entgegen in die Höhe ſteigen ſollen, ſich folglich wegen des ſchnellern Nachfolgens der folgenden anhäufen, und durch das vergrößerte Gewicht die Stärke der Cohärenz gegen den Stab zu überwinden, und ſolchergeſtalt herabfallen.

Es ſey ad (Fig. 25.) eine enge gläſerne Röhre, die in dc eine ſchiefe Mündung hat, und es werde daraus das Waſſer nach der Richtung ef zu ſpringen genöthigt. So wie das Waſſer die ſchiefe Mündung erreicht, ſo wird es nun noch auf der einen Seite die Kraft der Cohärenz in der Richtung eg äußern können, aber auch nun von zwey Kräften getrieben werden, die einen Winkel gef einſchließen. Es muß ſich folglich nach der Diagonale dk bewegen.

Iſt der Waſſerſtrahl zu ſtark, ſo iſt die bewegende Kraft deſſelben zu groß, ſo daß die Kraft der Cohärenz des Waſſers und des Gefäßes in beyden Fällen ganz dagegen verſchwindet.

Hamberger elem. phyſ. §. 168.

§. 166. Aus den bisher vorgetragenen Sätzen von der Kraft der Cohärenz zwiſchen feſten und flüſſigen Körpern, und der Erſcheinung der Haarröhrchen,

läßt

läßt ſich nun auch erklären, warum das Waſſer und andere Flüſſigkeiten in Materien, deren Gewebe zarte Zwiſchenräume und Röhrchen bildet, und die damit ſtärker zuſammenhängen, als die Theile der Flüſſigkeit unter ſich thun, z. B. in Löſchpapier, Schwamm, Leinwand, Zucker, geballter Aſche, Dochten u. dergl., aufſteigt. Ingleichen läßt ſich auch daraus das Durchfließen ſolcher Flüſſigkeiten durch allerley Seihewerkzeuge, als Löſchpapier, Leinwand, Zwillig, Filz, u. dergl., erklären. Alles, was eine Flüſſigkeit hindert, in einer Haarröhre einer Materie aufzuſteigen, verhindert auch das Durchfließen durch dergleichen Körper. So fließt Oehl nicht durch Löſchpapier, das mit Waſſer befeuchtet iſt; Queckſilber nicht durch Flor und Leinwand, wenn ſein Druck nicht zu groß iſt. Endlich ſo läßt ſich auch daraus erklären, warum Salz oder Salzſolutionen in nicht ganz damit vollgefüllten gläſernen Cylindern beym unmerklichen Abdunſten über den Rand des Glaſes ſteigen können.

§. 167. Flüſſigkeiten, die mit einem feſten Körper nicht ſo ſtark zuſammenhängen, als es ihre Theile unter ſich thun, ſteigen in den aus dem feſten Körper gemachten Haarröhren nicht in die Höhe, ſondern ſtehen, wenn man dieſe letztern darein eintaucht, in dem Haarröhrchen tiefer als auswendig.

Beyſpiele: Queckſilber, geſchmolzenes Bley, Zinn u. dergl. ſteht in einem gläſernen Haarröhrchen, das hineingetaucht wird, tiefer, als auswendig umher.

1) Da das Queckſilber mit dem Glaſe nicht zuſammenhängt, ſo kann es auch in dem daraus verfertigten Haarröhrchen nicht aufſteigen. Aber warum ſteht es darin tiefer, als auswendig, wenn das Haarröhrchen ins Queckſilber getaucht wird?

wird? Wenn (Fig. 26.) das Haarróhrchen ab in das Queckſilber getaucht wird, deſſen Oberfláche in gf des Gefáßes CDEF liegt, ſo ſollte das Queckſilber, nach hydroſtatiſchen Grundſátzen, darin ſo hoch ſtehen als auswendig; es ſteht aber darin nur bis zur Hóhe kl. Das Queckſilber kann námlich nicht eher ins Haarróhrchen hineindringen, als bis ſeine Theile getrennt ſind. Da die Theilchen des Queckſilbers auf dem Glaſe nicht zerfließen, ſo kann die Cohárenz zwiſchen Glas und Queckſilber dieſe Trennung nicht bewirken. Es wird daher ein Druck des umgebenden Queckſilbers nóthig ſeyn, um dieſen Zuſammenhang der Theile des Queckſilbers aufzuheben. Es muß alſo der Druck des Queckſilbers in der Hóhe kg oder lf um das Haarróhrchen herum angewendet werden, um die in das Haarróhrchen aufzuſteigenden Theilchen des Queckſilbers von einander zu trennen; er kann alſo nicht auch noch die Wirkung verrichten, das Queckſilber im Haarróhrchen bis zur Hóhe gf zu erheben, und es bleibt alſo nur daſſelbe bis zur Hóhe kl im Haarróhrchen ſtehen. Es folgt hieraus, daß immer gleich viel an der Hóhe des Queckſilbers im Haarróhrchen fehlen múſſe, es mag ſo tief untergetaucht werden, als es will.

Muſchenbroek a. a. O. in den Diſſ. phyſ. - experim. S. 303.

2) Je enger das gláſerne Haarróhrchen iſt, deſto tiefer ſteht das Queckſilber, in welches daſſelbe eingetaucht wird, darin, und es verhált ſich die Hóhe des Queckſilbers außer dem Haarróhrchen über die in demſelben umgekehrt, wie die Durchmeſſer der Haarróhrchen

Ich muß geſtehen, daß die Erklárung, welche Hamberger von dieſer Erſcheinung anführt, (a. a. O. S. 131.), mich nicht befriedigt. Ich will daher eine andere verſuchen. Man kann ſich vorſtellen, daß das Queckſilber rund um das Haarróhrchen herum aus lauter Sáulen beſtehe, die die Grundfláche des Haarróhrchens haben, und die alſo bey gleicher Hóhe mit einander im Gleichgewichte ſind. Nach dem in der vorigen Anmerkung Angeführten nun iſt zur Trennung der Queckſilbertheilchen, die in das Haarróhrchen aufſteigen ſollen, ein Druck nóthig, der durch die über kl (Fig. 26.) liegende Schicht bewirkt wird, die wir die Druck-Schicht nennen wollen, und die wir uns von gleicher Grundfláche mit der im Haarróhrchen befindlichen denken kónnen, und nach hydroſtatiſchen Geſetzen denken múſſen. Je kleiner nun der Durchmeſſer des Haarróhrchens iſt, deſto kleiner wird die Grundfláche der darein getretenen Queckſilberſáule ſeyn; folglich deſto hóher wieder die áußere benachbarte Druck-Schicht von gleicher Grundfláche ſeyn múſſen, um durch einen gleichen Druck das Queckſilber in dem Zuſammenhange zu zertheilen, der das Eindringen deſſelben in das Haarrohr hindert. Iſt der Durchmeſſer des Haarrohrs noch einmal ſo klein, ſo iſt die Grundfláche viermal kleiner, folglich múßte die Hóhe einer auswendigen Druck-Schicht lf, fg, von gleicher Grundfláche, viermal hóher ſeyn, um ein gleiches Gewicht zu haben. Aber bey dem halb ſo großen Durchmeſſer wird

die

die Peripherie nur halb ſo groß, folglich auch die Menge der zu trennenden Queckſilbertheile halb ſo groß ſeyn; die Trennung des Zuſammenhanges der letztern iſt aber das Hinderniß des Aufſteigens, folglich müßte hier der Widerſtand nur halb ſo groß ſeyn, und das Queckſilber müßte durch gleichen Druck noch einmal ſo hoch hineindringen. Es wären dieſemnach die Höhen des Queckſilbers auswendig in einem zuſammengeſetzten Verhältniſſe, nämlich des umgekehrten des Quadrats der Diameter und des geraden der Diameter der Haarröhrchen, folglich verhielten ſie ſich umgekehrt, wie die Diameter der Haarröhren.

3) Heraus folgt denn nun, daß, ſo wie das Waſſer zwiſchen zwey unter einem ſpitzen Winkel zuſammengeſetzten Glastafeln, die vertical ins Waſſer geſtellt werden, aufſteigt, und eine Hyperbel bildet (§. 161.), das Queckſilber zwiſchen dieſen in daſſelbe getauchten Glastafeln in der umgekehrten Stellung eine Hyperbel bilden müſſe.

Muſchenbroek intr. in philoſ. natural. §. 1062. Tab. XXVI. Fig. 13.

§. 168. Wenn ein leicht beweglicher Körper auf einer Flüſſigkeit ſchwimmt, die daran nicht zerfließt, und die Flüſſigkeit in einem Gefäße enthalten iſt, das davon naß wird, ſo wird der Körper vom Rande des Gefäßes mit einer deſto größern Geſchwindigkeit zurückgehen, je näher er dem Rande gebracht worden iſt. Hält man, wenn der Körper in der Mitte ruhig liegt, einen andern Körper, der von der Flüſſigkeit naß wird, in der Nähe des ſchwimmenden Körpers hinein, ſo wird der letztere ſich davon abwärts bewegen.

Beyſpiel: Eine mit Fett beſtrichene und mit Bärlappſaamen beſtreute hohle gläſerne Kugel geht auf Waſſer in einem Glaſe von der Wand zurück, gegen die man ſie geführt hat. Liegt ſie in der Mitte ruhig, und taucht man den Finger in der Nähe derſelben hinein, ſo bewegt ſie ſich vom Finger abwärts. Die Bewegung eines ſchweren Körpers auf der ſchiefen Ebene erklärt hier alles, wenn man zugleich erwägt, daß das Waſſer an der Wand des Glaſes und am Finger höher ſteht, als weiter abwärts.

§. 169. So wie die verſchiedenen ungleichartigen Körper nicht mit gleicher Kraft unter einander zuſammenhängen (§. 147.), ſo zeigen auch die verſchie-

ſchiedenen ungleichartigen Beſtandtheile der Körper ſelbſt nicht eine gleich ſtarke Anziehung unter einander; und die Erfahrung lehrt, daß zwey verbundene und zu einem ſich gleichartigen Ganzen vereinigte ungleichartige Stoffe dadurch getrennt werden können, wenn ein dritter Stoff dazu geſetzt wird, mit welchem einer von den beyden verbundenen ſtärker zuſammenhängt, als ſie unter ſich ſelbſt zuſammenhängen.

§. 170. Man nehme dieſemnach an, daß zu einem aus zwey ungleichartigen Beſtandtheilen a und b zuſammengeſetzten Körper C ein anderer Stoff d geſetzt werde, mit welchem a ſtärker zuſammenhängt als mit b, ſo wird ſich natürlicher Weiſe a mit d vereinigen, und wenn dieſe Verbindung nun keine Anziehung mehr mit b hat, ſo wird b abgeſchieden.

Beyſpiele: Setzt man zu einer Auflöſung (C) aus Weingeiſte (a) und Harz (b), Waſſer (d), ſo wird das Harz abgeſchieden. Schüttet man zu einer Auflöſung des arabiſchen Gummi in Waſſer, Weingeiſt, ſo wird das Gummi geſchieden. Vermiſcht man die Auflöſung der Kalkerde in Salpeterſäure mit feuerbeſtändigem Alkali, ſo wird die erſtere getrennt. Durch Kupfer trennt man das in Scheidewaſſer aufgelöſ'te Queckſilber, durch Eiſen das in Scheidewaſſer aufgelöſ'te Kupfer.

§. 171. Es wird alſo hier durch die ſtärker oder ſchwächer wirkende Anziehung eine Trennung ungleichartiger Theile (§. 111.) bewirkt, die vorher ein homogenes Ganzes ausmachten, und durch äußere Gewalt nicht getrennt werden konnten, durch die man nur gleichartige Theile von einander abſondern kann.

§. 172. Die Wirkung dieſer den Stoffen in der Natur beywohnenden Kraft der Anziehung, vermöge

möge welcher ſich ungleichartige unter einander ſtärker oder ſchwächer anziehen, nennt man die **chemiſche Verwandtſchaft** (Affinitas chemica), und man ſchreibt demjenigen Stoffe eine **nähere** oder **ſtärkere** Verwandtſchaft mit einem andern zu, als mit einem dritten, der von jenem ſtärker angezogen wird als von dieſem.

§. 173. Man hat mehrere Arten der Verwandtſchaften unterſchieden, ohngeachtet es immer eine und eben dieſelbe Kraft iſt, die ſie bewirkt, und die ſich nur nach der verſchiedenen individuellen Natur der Materie ſtärker oder ſchwächer, und nach Verſchiedenheit der Umſtände in gewiſſen Abänderungen zeigt. Sie laſſen ſich aber ſämmtlich auf drey Arten zurückbringen.

§. 174. Die erſte iſt **Verwandtſchaft der Zuſammenſetzung** oder die **miſchende Verwandtſchaft** (Affinitas mixtionis, compoſitionis, ſynthetica), wenn zwey oder mehrere ungleichartige Stoffe ſich zu einem neuen völlig gleichartigen Ganzen vereinigen.

Beyſpiele: Gummi und Waſſer,
Zucker und Waſſer,
Salz und Waſſer,
Waſſer und Weingeiſt,
Oehl und Wachs,
Geſchmolzenes Bley und Zinn,
Silber und Scheidewaſſer,
Kreide und Eſſig,
Silber und Schwefel,
Silber und Gold,
Silber, Gold und Kupfer ꝛc.

§. 175. Hierher gehört auch die **Aneignung** (Appropriatio), wenn zwey ungleichartige Stoffe, die

keine

keine zuſammenſetzende Verwandtſchaft gegen einander äußern, durch Hülfe einer dritten Subſtanz, und mit dieſer zuſammen, in Verbindung treten, und ſich zu einem homogenen Ganzen vereinigen.

Beyſpiele: Fettes Oehl, Waſſer, Alkali.
Schwefel, Waſſer, Alkali.

Eben ſo wenig, als dieſe aneignende Verwandtſchaft, iſt die ſo genannte vorbereitende als eine eigne Art der Verwandtſchaft zu unterſcheiden.

§. 176. 2) Die einfache Wahlverwandtſchaft (Affinitas electiva ſimplex) findet Statt, wenn zwey mit einander zu einem gleichartigen Ganzen vereinigte ungleichartige Stoffe durch einen hinzukommenden dritten getrennt werden, der einen von den beyden verbundenen ſtärker anzieht, als ſie ſich unter einander anziehen, und wobey der andere abgeſchieden wird.

Beyſpiele:

Vorige Zuſammenſetzung.
Harz. | Weingeiſt.
Waſſer. } Neue Zuſammenſetzung.

Vorige Zuſammenſetzung.
(Alaun.)
Thonerde. | Schwefelſäure.
Gewächsalkali. } Neue Zuſammenſetzung.

Vorige Zuſammenſetzung.
(Bleyglanz.)
Bley. | Schwefel.
Eiſen. } Neue Zuſammenſetzung.

§. 177. Bis jetzt kennt man noch kein allgemeines Geſetz, wornach dieſe Wahlverwandtſchaften geſchehen; dazu haben wir noch nicht Data genug

geſammelt. — Die Temperatur hat ſehr viel Einfluß auf die Grade der Verwandtſchaft.

Von den Stufenleitern der einfachen Wahlverwandtſchaft.

§. 178. 3) Die dritte Art der Verwandtſchaft iſt die **mehrfache Wahlverwandtſchaft** (Affinitas duplex, multiplex), wobey mehr als Eine neue Verbindung ungleichartiger Stoffe Statt findet, oder wenn zwey mit einander vereinigte Stoffe durch Hinzukunft zweyer andern, (die unter ſich verbunden, oder auch einzeln ſeyn können), vermöge der reſpectiven Anziehung zu denſelben, getrennt werden, und wobey zwey neue Verbindungen entſtehen.

Beyſpiele:

Vorige Zuſammenſetzung.
(Glauberſalz)

Neue Zuſammenſetzung. (Gyps.) { Schwefelſäure. Mineralalkali. / Kalkerde. Salzige Säure. } Neue Zuſammenſetzung. (Kochſalz.)

Vorige Zuſammenſetzung.
(Salzigſaure Kalkerde.)

Vorige Zuſammenſetzung.
(Pottaſche.)

Neue Zuſammenſetzung. (Glas.) { Gewächsalkali. Kohlenſäure. / Kieſelerde. Wärmeſtoff. } Neue Zuſammenſetzung. Kohlenſaures Gas.

§. 179. Wenn eine Materie ſich mit einer andern ſpecifiſch verſchiedenen oder ungleichartigen dergeſtalt vereinigt, daß ſie zuſammen eine völlig gleichartige Maſſe ausmachen, in der wir die Theile der einen von den Theilen der andern nicht mehr zu unterſcheiden vermögend ſind, ſo nennt man dies eine **Auflöſung** (Solutio).

§. 180. Hierbey nennt man gewöhnlich denjenigen von beyden Stoffen, welcher durch ſeine Flüſſigkeit,

keit, oder durch ſeine Schärfe, oder durch ſeine Menge vorzüglich wirkſam zu ſeyn, und den andern in ſeine vermeinten Zwiſchenräume aufzunehmen ſcheint, das Auflöſungsmittel (Solvens, Menſtruum); den andern aber, der ſich mehr leidend zu verhalten ſcheint, den aufzulöſenden Körper. Dieſer Unterſchied iſt aber in der Wirklichkeit nicht gegründet, ſondern beyde Materien verhalten ſich thätig. Um des Sprachgebrauchs willen kann man ihn indeſſen beybehalten.

§. 181. Bey jeder Auflöſung wird nicht bloß der Zuſammenhang der Theile des aufzulöſenden Körpers aufgehoben, ſondern dieſer wird ſo mit dem Auflöſungsmittel vereinigt, daß ſie nun beyde zuſammen eine Maſſe ausmachen, die ſich völlig gleichartig iſt, und in welcher man auch mit dem beſten Vergrößerungsglaſe nicht mehr die ungleichartigen Theile, die ſich aufgelöſet haben, von einander unterſcheiden kann. Es muß alſo nothwendig eine wechſelſeitige Anziehung zwiſchen den Theilen des Auflöſungsmittels und des aufzulöſenden Körpers Statt finden, welche ſtärker iſt, als die zwiſchen ihren reſpectiven gleichartigen Theilen ſelbſt; oder die Verwandtſchaft der ſich auflöſenden Körper muß größer ſeyn, als der Zuſamenhang ihrer gleichartigen Theile.

§. 182. Zur vollkommenen Auflöſung ſpecifiſch verſchiedener Materien durch einander gehört, daß darin kein Theil der einen angetroffen wird, der nicht mit einem Theile der andern von ihr ſpecifiſch unter-

ſchiedenen in derſelben Proportion wie die Ganzen vereinigt wäre. Nun iſt offenbar, daß, ſo lange die Theile einer aufgelöſ'ten Materie noch Klümpchen ſind, nicht minder eine Auflöſung derſelben möglich ſey, als die der größern, ja daß dieſe wirklich ſo lange fortgehen müſſe, wenn die auflöſende Kraft bleibt, bis kein Theil mehr da iſt, der nicht aus dem Auflöſungsmittel und der aufzulöſenden Materie in der Proportion, worin beyde zu einander im Ganzen ſtehen, zuſammengeſetzt wäre. Weil alſo in ſolchem Falle kein Theil von dem Volumen der Auflöſung ſeyn kann, der nicht einen Theil des auflöſenden Mittels enthielte, ſo muß dies als ein Continuum das Volumen ganz erfüllen; eben ſo, weil kein Theil eben deſſelben Volums der Solution ſeyn kann, der nicht einen proportionirlichen Theil der aufgelöſ'ten Materie enthielte, ſo muß auch dieſer als ein Continuum den ganzen Raum, den das Volumen der Miſchung ausmacht, erfüllen. Wenn aber zwey Materien, und zwar jede derſelben ganz, einen und denſelben Raum erfüllen, ſo durchdringen ſie einander, und alſo iſt eine vollkommene chemiſche Auflöſung eine Durchdringung der Materie, die allerdings eine vollendete Theilung ins Unendliche enthält. Ihre Unbegreiflichkeit iſt auf Rechnung der Unbegreiflichkeit der unendlichen Theilbarkeit eines jeden Continuums zu ſchreiben.

§. 183. Nach den Principien der atomiſtiſchen Naturwiſſenſchaft würde es gar keine wahre Auflöſung geben, ſondern dieſe wäre doch nur immer Nebeneinanderſtellung der kleinſten ungleichartigen

Theile.

Theile. Nach derſelben würden überhaupt nur gemengte, nicht gemiſchte Körper (§. 113.) in der Wirklichkeit Statt finden.

§. 184. Das Volumen zweyer Körper, die ſich aufgelöſ't haben, iſt gewöhnlich kleiner, als die Summe ihrer Voluminum vor der Auflöſung. Seltener erfüllt das neu entſtandene Gemiſch ein größeres Volum, als ſeine Beſtandtheile vor der Auflöſung hatten. Beydes giebt einen Beweis von der Abänderung, welche die anziehenden und abſtoßenden Kräfte der Materien durch die wechſelſeitige Auflöſung erlitten haben.

Beyſpiel:

1) Vor der Auflöſung erfüllen, bey 60° Fahrenh.:

100 Gr. Alkohol, vom eigenthüml. Gewichte = 0,825, ein Volumen = 100.

100 Gr. Waſſer, vom eigenthüml. Gewichte = 1,000, ein Volumen = 82,5.

2) Nach der Auflöſung erfüllen, bey gleicher Temperatur:

200 Gr. aus {100 Gr. Alkohol, 100 Gr. Waſſer,} vom eigenthümlichen Gewichte = 0,93002, ein Volumen = 177,41.

Alſo Verminderung des Volums = 5,09.

Io. Dav. Hahn diſſ. de efficacia mixtionis in mutandis corporum voluminibus. L. B. 1751. 4. De denſitate mixtorum e metallis et ſemimetallis factorum, auct. *Chriſt. Ehreg. Gellert*, in den *comment. acad. petrop.* T. XIII. p. 382., überſ. in Crells neuem chem. Archiv B. VI. S. 318. De denſitate metallorum ſecum permixtorum, auct. *Geo. Wolfg. Kraft*, ebendaſelbſt T. XIV. p. 252., überſ. ebendaſ. S. 323. Verſuche und Beobachtungen über die ſpecifiſche Schwere und die Anziehungskraft verſchiedener Salzarten, — von Rich. Kirwan, a. d. Engl. von L. Crell. Berlin und Stettin 1783. kl. 8. Anmerkungen über die Gußprobe auf Zinn und Bley, von Axel Bergenſtierna; in den neuen ſchwed. Abhandl. B. I. 1780. S. 156., überſ. in Crells neueſten Entdeckungen, Th. VIII. S. 162. Verſuche über die Aenderungen der Dichtigkeiten bey Vermiſchung von Alkohol und Waſſer, von Hrn. Gilpin; in Grens neuem Journ. der Phyſ. B. II. S. 365. ff. Verſuche über die

die Aenderung des Volums und über die Zerſprengung der Gefäße, die bey der Kryſtalliſation der Salze Statt hat, von Hrn. Vauquelin, ebendaſ. B. III. S. 81. ff.

§. 185. Die durch Auflöſung entſtandene Subſtanz beſitzt andere Eigenſchaften und zeigt eine andere Natur, als die einzelnen Stoffe, woraus ſie beſteht, und iſt nun als eine neue, ſpecifiſch davon verſchiedene, Materie anzuſehen.

§. 186. Zwey feſte Körper können ſich einander nicht auflöſen. Die Summe der Cohäſionskräfte ihrer gleichartigen Theile iſt größer als die Summe ihrer Verwandtſchaften. Schon in der ältern Chemie hatte man daher den Grundſatz: corpora non agunt, niſi fluida. Es muß alſo erſt immer, wenigſtens bey Einem Körper, die Cohäſion ſeiner gleichartigen Theile in einem hohen Grade vermindert, d. h., er muß flüſſig gemacht werden, ehe eine Auflöſung vor ſich gehen kann.

§. 187. Man unterſcheidet hiernach **Auflöſungen auf naſſem Wege** (Solutiones humidae) und **Auflöſungen auf trockenem** (Solutiones ſiccae). Bey jenen iſt von den ſich auflöſenden Subſtanzen wenigſtens Eine ſchon an und für ſich im tropfbarflüſſigen Zuſtande; bey dieſen hingegen ſind ſie an und für ſich feſt, und ſie müſſen erſt durch Schmelzen in den Zuſtand der Flüſſigkeit verſetzt werden, ehe ſie ſich auflöſen können.

§. 188. Wenn ein flüſſiges Auflöſungsmittel von einem feſten aufzulöſenden Körper ſo viel in ſich genommen hat, als es nur davon auflöſen kann, ſo

ſagt

ſagt man: es ſey **geſättigt** (ſaturatum). Die Verwandtſchaft des erſtern gegen die Theile des letztern hat alsdann ihre Gränzen. Sehr oft iſt dieſe Sättigung nach der verſchiedenen Temperatur außerordentlich verſchieden.

§. 189. Wir merken hier noch den Unterſchied zwiſchen **partieller** und **totaler Auflöſung**. Bey der erſtern wird nicht die ganze Materie, ſondern nur der eine oder andere Beſtandtheil derſelben vom flüſſigen Auflöſungsmittel in ſich genommen, mit Zurücklaſſung der übrigen, gegen die das letztere keine Verwandtſchaft hat. So kann alſo auch die Auflöſung zur Scheidung dienen.

Ein Beyſpiel giebt die Scheidung des Goldes vom Silber durch die Quart.

§. 190. Wenn hierbey der abgeſchiedene Stoff, er ſey einfach oder zuſammengeſetzt, bey der Temperatur, wobey wir leben, die Aggregation der elaſtiſchen Flüſſigkeit annimmt, oder luftförmig wird, ſo geht dann die Auflöſung mit Geräuſch und Aufſchäumen vor ſich, das man das **Aufbrauſen** (Efferveſcentia) nennt.

§. 191. Wenn der abgeſchiedene Körper aus der Auflöſung als ein feſter Körper zum Vorſcheine kommt, ſo nennt man es **Niederſchlagung**, oder **Fällung** (Praecipitatio); der auf dieſe Art abgeſchiedene Stoff heißt ein **Niederſchlag** (Praecipitatum), und der Körper, der wegen ſeiner nähern Verwandtſchaft den Niederſchlag bewirkt, das **Fällungs-** oder **Niederſchlagungsmittel** (Praecipitans).

§. 192.

§. 192. Die Niederſchlagungen geſchehen bald durch einfache Wahlverwandtſchaft, entweder ſo, daß das Auflöſungsmittel mit dem Fällungsmittel näher verwandt iſt, als mit dem aufgelöſ'ten Körper, und deshalb mit jenem zuſammentritt und dieſen fahren läßt; oder ſo, daß der aufgelöſ'te Körper gegen das Fällungsmittel mehr Verwandtſchaft hat, als gegen ſein voriges Auflöſungsmittel, und damit ein im letztern unauflösliches Product bildet: bald durch eine doppelte Wahlverwandtſchaft.

§. 193. Dieſemnach ſind die erhaltenen Niederſchläge aus einer und derſelbigen Auflöſung verſchieden, und man kann daher nach der Wahl des Fällungsmittels einen Körper aus einerley Auflöſungsmittel unter ſehr mannichfaltigen Geſtalten niederſchlagen.

§. 194. Die Niederſchlagungen unterſcheidet man übrigens auch, wie die Auflöſungen (§. 187.), in Niederſchlagungen auf naſſem **Wege**, und Niederſchlagungen auf **trockenem Wege**.

§. 195. Alle Niederſchlagungen geſchehen durch Wahlverwandtſchaften, und es giebt im eigentlichen Sinne keine ſo genannte **freywillige Niederſchlagungen** (Praecipitationes ſpontaneae, ſpuriae). Das wären Wirkungen ohne Urſach.

* * *

Torb. Bergmann de attractionibus electivis; in ſeinen *opuſc. phyſ.-chemicis*. Vol. III. S. 291. ff. Des Herrn Guyton Morveau's allgemeine theoretiſche und practiſche Grundſätze der chemiſchen Affinität oder Wahlanziehung. A. dem Franz. von Dav. Joſ. Veit, herausgegeben von Sig. Fr. Hermbſtädt. Berlin 1794. 8. Grens ſyſtematiſches Handb. der Chemie. Th. IV. S. 144. ff.

Drit-

Drittes Hauptſtück.

Phänomene der Schwere im Allgemeinen.

§. 196.

Jeder Körper, welcher unterſtützt iſt, drückt auf die Unterlage, welche ihn unterſtützt, und fällt oder bewegt ſich, wenn die Unterſtützung weggenommen wird, in einer geraden Linie nach der Erde zu, ohne daß wir eine äußere Urſach dabey wahrnehmen, welche dieſe Bewegung hervorbrächte.

§. 197. Dieſe Richtung zeigt einen Faden an, woran ein Körper frey herabhängt. Eine Linie in dieſer Richtung heißt eine **lothrechte**, **ſenkrechte** oder **verticale Linie** (Linea verticalis). Eine Ebene, worauf ſie ſenkrecht iſt, heißt eine **waſſerrechte** oder **Horizontalebene** (Planum horizontale); und eine gerade Linie in dieſer Ebene gezogen, eine **waſſerrechte** oder **Horizontallinie** (Linea horizontalis).

§. 198. Dieſes Beſtreben der Körper, in ſenkrechter Linie gegen den Horizont ſich von ſelbſt zu bewegen, wenn ſie nicht unterſtützt ſind, oder nach eben der Linie die Unterlage, worauf ſie ruhen, zu drücken, heißt die **Schwere** (Gravitas).

§. 199. Da auf der Oberfläche einer Kugel keine andere Linie ſenkrecht ſteht, als diejenige, welche verlängert durch den Mittelpunct der Kugel geht, ſo müßte auch, wenn die Erde eine kugelrunde Geſtalt hätte,

die

die Directionslinie der fallenden Körper verlängert gegen den Mittelpunct der Erde gehen. Da aber die Erde eigentlich keine Kugel, ſondern ein Sphäroid iſt, ſo gehen zwar nicht alle Richtungen der Schwere durch ihr Centrum, in der Praxis aber können wir ohne merklichen Fehler hier die Erde als eine vollkommene Kugel, und wegen der großen Entfernung des Centrums derſelben von der Oberfläche die Directionslinien der Schwere benachbarter Körper auch als parallel anſehen.

§. 200. Die Schwere iſt eine **ſtetig wirkende Kraft**; denn wir nehmen ihre Wirkung, Druck und Fall der Körper, in jedem Augenblicke der Beobachtung und ununterbrochen wahr.

§. 201. Die Schwere iſt eine Eigenſchaft aller irdiſchen Körper, und durch ſie wird erſt die Verbindung derſelben unter einander zu unſerm Erdballe möglich. Durch ſie ſind aber auch große Weltkörper ſelbſt zu einem Syſteme verbunden.

§. 202. Die Erfahrung lehrt, daß die Schwere an einem und demſelbigen Orte in einem Körper immer dieſelbige, und eben ſo, daß ihre Richtung an einem und demſelbigen Orte unveränderlich iſt.

§. 203. Die Wirkungen der Schwere erfolgen ſo, wie ſie durch die Wirkungen einer **anziehenden Kraft** des Erdkörpers gegen die einzelnen irdiſchen Körper erfolgen würden. Auch lehren die Beobachtungen der Aſtronomie, daß die Wirkung der allgemeinen Gravitation ſich umgekehrt verhält wie das

Qua-

Quadrat der Entfernung der Mittelpuncte der gegen einander gravitirenden Weltkörper.

§. 204. In ſo fern die bisher betrachteten Wirkungen der Cohäſion und der Wahlverwandtſchaften von der anziehenden Kraft abhängen, die urſprünglich die Materie conſtituiren hilft, ſcheint es doch, daß wir die Schwerkraft, da ſie nach ganz andern Geſetzen wirkt, nicht für identiſch mit dieſer urſprünglichen Grundkraft der Materie halten können. Die in der Entfernung wirkende Kraft der Schwere iſt keine nothwendige, mit dem Begriffe der Materie unzertrennlich verknüpfte, Eigenſchaft; ja, die Erſcheinungen einiger Materien berechtigen uns, ſie für völlig **ſchwerlos** zu halten.

§. 205. In Anſehung der Urſach dieſer Kraft haben ſich die Weltweiſen von je her ſehr viel geſtritten, und haben gar nichts gewonnen. Alle diejenigen, welche die Schwere von den Wirkungen einer andern ſubtilen Materie ableiten, wie **Cartes**, **Huygens**, **Bülfinger**, **Kratzenſtein**, **le Sage**, können bey allen mechaniſchen Erklärungsarten, von der Art und Weiſe der Bewegung dieſer Materie, uns nicht befriedigen; und immer bleibt, außer andern Schwierigkeiten, dabey noch die Frage übrig: woher hat dieſe **ſchwermachende Materie** ihre Kraft? Wir müſſen eingeſtehen, daß wir von der Schwere an ſich, als Urſach des Phänomens der Gravitation, gar nichts wiſſen. Wir ſehen hier nur das Phänomen, und die Urſach davon liegt außer unſerer Erfahrung.

Carteſii princip. philoſ. L. IV. prop. 19, 20. ff. *Chriſt. Hugenii* diſſ. de cauſſa gravitatis; in ſeinen *operibus reliq.*

T. I. S. 93. ff. De cauſſa gravitatis phyſica generali disquiſitio experimentalis, auct. *Geo. Bernh. Bülfinger.* Pariſ. 1728. 4. Kratzenſteins Vorleſungen über die Experimentalphyſik. S. 60. Lucrèce newtonien, par Mr. *le Sage*, in den Mém. de l' acad. roy. des ſc. de Berlin, année 1782. S. 404. ff.

§. 206. Die Erfahrung lehrt uns, daß verſchiedene ungleichartige Körper von einerley Umfang nicht gleich ſtark nach der Richtung der Schwere drücken. Die Größe dieſes Drucks, den ein Körper äußert, heißt ſein **Gewicht** (Pondus). Gewicht und Schwere müſſen nicht mit einander verwechſelt werden. Schwere iſt die **beſchleunigende Kraft** (§. 80.), in ſo fern ſie auf jeden Theil der ſchweren Maſſe wirkt; **Gewicht** aber iſt die **bewegende Kraft** dieſer ſchweren Maſſe, oder das Product aus der beſchleunigenden Kraft der Schwere durch die Quantität der davon afficirten Materie, oder durch die ſchwere Maſſe (§. 80.). Hieraus folgt denn, daß die beſchleunigende Kraft der Schwere einer Maſſe gleich ſey dem Gewichte derſelben dividirt durch die ſchwere Maſſe.

Wenn wir die beſchleunigende Kraft der Schwere f und die Quantität der davon afficirten Materie M nennen, ſo iſt das Gewicht der letztern, oder $P = f . M$, und $P : p = f . M : f . m$. Ferner iſt $f = \frac{P}{M}$.

In ſo fern die Schwere eine ſtetige Kraft iſt, und eine gleichförmig beſchleunigte Bewegung hervorbringt, und in ſo fern alle Theile einer Maſſe von der Schwere afficirt werden, laſſen ſich auch für die Beſchleunigung ſchwerer Maſſen folgende Sätze annehmen:

1) Das Product aus dem Gewichte (P, p) durch die Zeit (T, t) iſt gleich dem Producte der Maſſe (M, m) aus der Geſchwindigkeit (C, c), oder $PT = MC$, und $PT : pt = MC : mc$.

2) Die Gewichte mit den Quadraten der Zeiten multiplicirt ſind gleich den Maſſen mit den durchlaufenen Räumen (S, s,) multiplicirt, oder $PT^2 = MS$, und $PT^2 : pt^2 = MS : ms$.

3)

3) Die Gewichte mit den Räumen multiplicirt ſind gleich den Maſſen mit den Quadraten der Geſchwindigkeiten multiplicirt, oder $PS = MC^2$, und $PS : ps = MC^2 : mc^2$.

§. 207. Da die Schwere allen gleichartigen Theilen eines ſchweren Körpers eingepflanzt iſt, ſo kann die beſchleunigende Kraft an und für ſich weder vermehrt, noch vermindert werden, die Theile mögen vereinigt oder von einander getrennt ſeyn; das Gewicht hingegen ändert ſich nach dem Unterſchiede der Quantität der ſchweren Materie, woraus der Körper beſteht.

Wenn wir die Quantität aller von der beſchleunigenden Kraft der Schwere (f) afficirten Theile eines Körpers M nennen, und annehmen, daß ein Antheil m von dieſer Maſſe weggenommen wird, ſo wird das übrige Gewicht $p = f.(M - m)$ kleiner ſeyn, als vorher P oder f. M war; die beſchleunigende Kraft aber wird immer dieſelbige bleiben, denn $\frac{f.(M - m)}{M - m} = \frac{f.M}{M}$.

§. 208. Wenn alle Materie ſchwer wäre, ſo wären wir berechtigt, anzunehmen, daß die Körper, welche mehr Gewicht haben, auch mehr Materie enthielten, oder dichter wären (§. 53.), und umgekehrt; und Maſſe (§. 49.) und Gewicht wären daher gleichbedeutend. Wenn es aber nicht ſchwere Materien giebt, ſo können dichtere Körper nur in ſo fern Körper ſchwererer Art, ſchwerartigere Körper (Corpora ſpecifice graviora), und lockere, Körper leichterer Art, leichtartigere Körper (Corpora ſpecifice leviora) genannt werden, in wie fern jene bey einerley Volum mehr, dieſe aber weniger ſchwere Materie enthalten. Das Gewicht zeigt alſo nicht die Quantität der Materie, ſondern nur die Quantität der von der Schwere afficirten Materie an (§. 53.).

§. 209.

§. 209. Das Gewicht eines Körpers an ſich, oder die Ponderoſität deſſelben, (wenn ich ſo ſagen darf), läßt ſich nicht beſtimmen, ſondern nur die Verhältniſſe des Gewichts der Körper; und man muß daher, um anzugeben, welcher Körper ſchwererer und welcher leichterer Art ſey, das Gewicht eines andern Körpers zur Einheit machen. Im bürgerlichen Leben nennt man die zur Einheit angenommene Größe des Drucks eines Körpers ſelbſt **Gewichte**, z. B. ein Centner, ein Pfund, ein Loth, u. dergl. Der Druck eines ſchweren Körpers gegen das, was ihn unterſtützt, überhaupt betrachtet, ohne Rückſicht auf das Volum des Körpers, heißt ſein **abſolutes Gewicht** (Pondus abſolutum).

§. 210. Wenn man zwey Körper in Anſehung ihres abſoluten Gewichts gegen einander vergleicht, und ein gewiſſes beſtimmtes Volum zum Grunde der Vergleichung ſetzt, oder ihre Volumina bey gleichem abſoluten Gewichte mit einander vergleicht; ſo erhält man den Begriff von dem **eigenthümlichen Gewichte** (Pondus ſpecificum), oder der **eigenthümlichen Schwere** (Gravitas ſpecifica). Das eigenthümliche Gewicht eines Körpers bezeichnet alſo das Verhältniß der Quantität der **ſchweren** Materie eines Körpers zu einem andern, die in gleich großen Inbegriffen enthalten ſind.

§. 211. Es fließen hieraus die Regeln:

1) **Körper von einerley Volum verhalten ſich in ihrem eigenthümlichen Gewichte wie ihre abſoluten Gewichte.**

Ren=

Nennen wir die Volumina zweyer Körper V, v, ihre abſoluten Gewichte P, p, und das ſpecifiſche Gewicht Z, z, und nehmen wir V = v, ſo iſt $Z : z = P : p$.

2) Körper von einerley abſolutem Gewichte verhalten ſich in ihrem ſpecifiſchen Gewichte umgekehrt wie ihre Volumina.

Wenn P = p, ſo iſt $Z : z = v : V$.

3) Körper von ungleichem Volum und ungleichem abſoluten Gewichte verhalten ſich in ihrem ſpecifiſchen Gewichte wie die Quotienten des abſoluten Gewichts durch die Volumina.

Es iſt überhaupt $Z : z = Pv : pV = \frac{P}{V} : \frac{p}{v}$.

Freyer Fall ſchwerer Körper.

§. 212. Da die Schwere ununterbrochen und ſtetig auf die Körper wirkt, ſo viel wir aus Erfahrung wahrnehmen können (§. 200.), ſo kann auch die Bewegung, welche ein Körper durch die Schwere bey dem Falle erlangt, keine gleichförmige Bewegung ſeyn (§. 72.), ſondern der fallende Körper muß zu der erhaltenen Geſchwindigkeit in jedem unendlich kleinen Zeittheile einen Zuſatz erhalten, und folglich mit einer in unendlich kleinen Zeittheilen gleichförmig beſchleunigten Bewegung (§. 72.) fallen.

§. 213. Es laſſen ſich alſo die oben (§. 74 — 79.) angeführten Sätze von der gleichförmig beſchleunigten Bewegung der Körper auf den Fall der ſchweren Körper anwenden. Es folgt aus dieſer Anwendung: 1) daß die Räume, welche ein ſchwerer Körper bey ſeinem freyen Falle in gleichen auf einander folgenden Zeitelementen zurücklegt, ſich verhalten

halten wie die ungeraden Zahlen 1, 3, 5, 7, u. ſ. f. (§. 78.); 2) daß ſich die Räume, welche ein ſchwerer Körper vom Anfange ſeiner Bewegung an, durch den freyen Fall zurücklegt, wie die Quadrate der Zeiten, oder der am Ende des Falls erlangten Geſchwindigkeiten (§. 79.), und 3) daß die Geſchwindigkeiten am Ende des Fallens ſich wie die Quadratwurzeln der Räume verhalten.

Denn weil $S : ſ = T^2 : t^2$ (nach 2) und $T : t = C : c$, ſo muß auch $C^2 : c^2 = S : ſ$, und folglich $C : c = \sqrt{S} : \sqrt{ſ}$ ſeyn. Galilei hat dieſe Geſetze des freyen Falles ſchwerer Körper zuerſt entdeckt, die Theorie hiervon entworfen, und durch Verſuche mit dem Falle auf der ſchiefen Ebene zu beſtätigen geſucht. M. ſ. deſſen *Dialogus de motu locali.* L. B. 1699. 4.

Riccioli ſuchte die Wahrheit der galileiſchen Sätze mit ſeinem Gehülfen Grimaldi durch unmittelbare Verſuche zu beſtätigen. (M. ſ. *Riccioli* almageſtum novum, L. II. Cap. 21. Pr. 24.) Er ließ Kugeln aus Kreide, die 8 Unzen wogen, durch genau gemeſſene Höhen bey einem genauen Zeitmaaße durch ein Pendul fallen, und er fand

in	0	Sec.	50	Tertien	10	Fuß (röm.) Fallhöhe.
	1	=	40	=	40	=
	2	=	30	=	90	=
	3	=	20	=	160	=
	4	=	10	=	250	=
Ferner						
in	1	Sec.	=	=	15	=
	2	=	=	=	60	=
	3	=	=	=	135	=
	4	=	=	=	240	=

Aber dieſe Reſultate treffen ohngeachtet des Widerſtandes der Luft, auf welchen doch in der Theorie ſelbſt keine Rückſicht genommen worden iſt, ſo genau mit dieſer ſelbſt zuſammen, daß ſchon deshalb mit Recht Mißtrauen in die Zuverläſſigkeit der Beobachtung geſetzt werden kann.

Die vollkommenſte Ueberzeugung gewähren die, mittelbarer Weiſe durchs Pendul angeſtellten, Verſuche, die in der Folge vorkommen werden.

§. 214. Da die Directionslinie der fallenden Körper auf die Erdkugel ſenkrecht ſteht (§. 199.), ſo

ſo kann auch der Raum, den ein Körper bey dem Fallen durchläuft, durch die Perpendiculärlinie gemeſſen werden, welche durch den Mittelpunct der Erdkugel geht. Dieſe Perpendiculärlinie nennt man auch die Höhe der fallenden Körper. Sie iſt daher der Raum, welchen ein fallender Körper durchläuft. Da ſich bey dem Fallen der Körper die Räume verhalten wie die Quadrate der Zeiten oder der Geſchwindigkeiten (§. 213.), ſo werden ſich auch die Höhen ſo verhalten müſſen. Wenn daher ein Körper in der erſten Secunde durch eine gewiſſe Höhe gefallen iſt, ſo wird er in zwey Secunden viermal, in drey Secunden neunmal ſo tief gefallen ſeyn.

§. 215. Die Erfahrung lehrt, daß ein ſchwerer Körper bey ſeinem Falle in unſern Gegenden in der erſten Zeitſecunde eine Höhe von 15,094662 pariſ. Fuß oder 2173,63 pariſ. Linien, oder 15,625 rheinländiſchen Fuß = 15625 Tauſendtheilchen eines rheinländiſchen Fußes durchlaufe.

Dieſe Fallhöhe in der zur Zeiteinheit genommenen Zeitſecunde hat Huygens mittelbarer Weiſe durchs Pendul beſtimmt. (Horologium oſcillatorium. Pariſ. 1673. Fol. P. IV. pr. 26.)

Die Quadratwurzel von 15625 iſt 125.

§. 216. An einerley Ort ſind die beſchleunigenden Kräfte bey dem freyen Falle der ſchweren Körper einerley, ihre ſchwere Maſſe mag ſeyn wie ſie will. Die Maſſe der fallenden Körper kann hier gar nichts zu ihrer Geſchwindigkeit bey dem freyen Falle beytragen, wie es wohl ſonſt ſcheinen möchte. Nur bey dem Falle in einem widerſtandleiſtenden Mittel, z. B. in Luft, Waſſer, u. dergl., wird freylich der

Körper, der bey gleicher Geſchwindigkeit weniger Maſſe, und alſo weniger Gewalt hat, einerley Widerſtand mit der geringen Kraft nicht überwinden, den ein anderer mit größerer Kraft überwindet. Ein jeder wird hingegen zugeben, daß in einem freyen Mittel mehrere gleichartige Theile eines Körpers mit gleicher Geſchwindigkeit fallen. Warum ſollten ſie es aber nicht thun, wenn ſie einzeln, und nicht zuſammen verbunden wären? Alle Körper, große und kleine, leichte und ſchwere, fallen alſo, ohne Einfluß ihrer Maſſe, im freyen Mittel, gleich geſchwind.

Dieſer Satz folgt aus dem oben (§. 206.) Angeführten; und es iſt $f = F$, weil $\frac{P}{M} = \frac{p}{m}$ oder $\frac{f \cdot M}{M} = \frac{f \cdot m}{m}$.

Aber nur für einerley Ort findet dieſer Satz Statt, weil f oder die beſchleunigende Kraft ſelbſt nach dem Aequator zu ab-, und nach den Polen hin zunimmt, wie nachher bemerkt werden wird.

§. 217. Da ſich die Lehre von der gleichförmig beſchleunigten Bewegung auf den freyen Fall der Körper anwenden läßt, ſo folgt auch, daß ein ſchwerer Körper, der durch den Fall einen gewiſſen Raum von ſeiner Ruhe an durchläuft, nach Verlauf eines Zeittheils eine Endgeſchwindigkeit erlangt, mit der er, wenn die Schwere nicht weiter auf ihn wirkte, in der eben ſo großen Zeit den doppelt ſo großen Raum gleichförmig zurücklegen würde.

§. 218. Da ſich die Endgeſchwindigkeiten ſchwerer fallender Körper verhalten wie die Quadratwurzeln der Räume (§. 213. 3.) oder der Höhen, ſo werden die Räume, welche die fallenden Körper vermittelſt der Endgeſchwindigkeiten in der Zeiteinheit

für ſich ſelbſt ohne Schwere zurücklegen würden, die man auch die zur Fallhöhe gehörigen Geſchwindigkeiten nennt, ſich wie das Duplum der Quadratwurzeln der Fallhöhen verhalten.

Wenn ein Körper in einer Zeitſecunde 15,625 F. durchläuft, ſo wird er am Ende dieſer Zeit eine Geſchwindigkeit haben, daß er in eben dieſer Zeiteinheit einen Raum von 2 . 15, 625 = 31,250 Fuß für ſich ſelbſt, ohne Schwere zurücklegen würde, oder die zu ſeiner Fallhöhe gehörige Geſchwindigkeit wird 31,250 Fuß ſeyn. Wenn nun ein anderer Körper 3 Secunden lang fällt, ſo wird, (nach §. 213. 1.), ſeine Fallhöhe 9 . 15,625 = 140,625 Fuß ſeyn; am Ende dieſer dritten Secunde wird die zu ſeiner Fallhöhe für die Zeiteinheit gehörige Geſchwindigkeit $= \frac{2 \cdot 140,625}{3} = 93,750$ Fuß ſeyn, oder er würde in der Zeiteinheit, in Einer Secunde, wenn die Schwere nicht weiter auf ihn wirkte, den Raum von 93,75 Fuß, und in 3 Secunden den Raum von 3 . 93,750 = 2 . 140,625 = 281,25 Fuß gleichförmig zurücklegen. Es verhält ſich aber 31,250 : 93,750 = $2 \sqrt{15625} : 2 \sqrt{140625}$ = 2 . 125 : 2 . 375 = 25 : 75 = 1 : 3, = 1 . 31,250 : 3 . 31,250 = 31,250 : 93,750, alſo wie das Duplum der Quadratwurzeln der Fallhöhen.

§. 219. Man findet alſo die zur Fallhöhe gehörige Geſchwindigkeit, wenn man das Duplum des Raumes, den der Körper nach der Zeiteinheit zurückgelegt hat, mit der Anzahl der verfloſſenen Zeiteinheiten multiplicirt.

Wenn ein Körper in der Zeiteinheit, in Einer Secunde, 15,625 Fuß fällt, ſo iſt die zu ſeiner Fallhöhe gehörige Geſchwindigkeit 31,250 Fuß, und wenn er drey Zeiteinheiten, oder drey Secunden fällt, ſo iſt dieſe 93,75 = 3 . 31,250 Fuß.

§. 220. Hieraus fließt ferner die kurze Regel zur Beſtimmung der zur Fallhöhe gehörigen Geſchwindigkeiten, d. h., der Räume, welche die Körper nach dem Falle aus einer gewiſſen Höhe in der Zeiteinheit gleichförmig zurücklegen würden, wenn die Schwere nicht weiter auf ſie wirkte: Man multiplicire die gegebene Höhe des Falles mit dem in der Zeit-

einheit beſchriebenen Raume, und aus dem Producte ziehe man die Quadratwurzel; dieſe doppelt genommen, iſt die zur Fallhöhe gehörige Geſchwindigkeit.

Wenn wir die zur Fallhöhe gehörige Geſchwindigkeit V und die Höhe S nennen, und eine Secunde zur Zeiteinheit nehmen, ſo iſt

$$V = 2\sqrt{(15{,}625 \,.\, S)} = 250 \,.\, \sqrt{S}.$$

Wenn ein Körper 1000 rheinländiſche Fuß hoch herabfiele, ſo würde die dazu gehörige Geſchwindigkeit am Ende des Falles in der Zeiteinheit, oder Einer Secunde, ſeyn = $2\sqrt{(15{,}625 \,.\, 1000)} = 2 \,.\, 125 = 250$ Fuß.

Wenn alſo ein Körper eine Secunde lang, oder 15,625 Fuß hoch, und ein anderer 1000 Fuß hoch herabfällt, ſo verhalten ſich die zu dieſen Fallhöhen gehörigen Geſchwindigkeiten, $V : v = 2\sqrt{(15{,}625 \,.\, 15{,}625)} : 2\sqrt{(15{,}625 \,.\, 1000)} = 2 \,.\, 15{,}625 : 2 \,.\, \sqrt{15625} = 2 \,.\, 15{,}625 : 2 \,.\, 125 = 31{,}250 : 250 = 1 : 8$; oder es iſt $V : v = 250 \,.\, \sqrt{15{,}625} : 250 \,.\, \sqrt{1000} = 250 \,.\, 125 : 250 \,.\, 1000 = 1 : 8$.

§. 221. Da die Größe der Bewegung eines durch eine ſtetige Kraft getriebenen Körpers wächſt, ſo wie die Geſchwindigkeit zunimmt, und die Gewalt oder die Größe des Widerſtandes aus Maſſe und Geſchwindigkeit zuſammen ermeſſen werden muß; ſo iſt leicht einzuſehen, daß die Gewalt fallender Körper während des Fallens beſtändig zunehmen, und ſich überhaupt bey gleichen Maſſen wie die Endgeſchwindigkeit oder die Quadratwurzeln der Höhe verhalten muß. Ein Körper, der viermal ſo hoch herabfällt, wird alſo noch einmal ſo viel Gewalt haben, als ein anderer von eben dem Gewichte, und wenn er neunmal ſo hoch herabfällt, dreymal ſo viel Gewalt.

Geſetzt, ein Körper fällt 15,625 Fuß hoch herab, und ein anderer von eben dem Gewichte fällt 62,5 Fuß, ſo verhalten ſich ihre Höhen wie 1 : 4, und ihre Endgeſchwindigkeiten wie $\sqrt{15{,}625} : \sqrt{62{,}5} = \sqrt{15625} : \sqrt{62500} = 125 : 250 = 1 : 2$, folglich wie die $\sqrt{1} : \sqrt{4}$; oder wie die Quadratwurzeln der Höhen. Da ſich nun die Gewalt verhält wie die Endgeſchwindigkeit, ſo wird ſie ſich auch wie

die

die Quadratwurzel der Höhe verhalten müſſen, wenn die Gewichte oder die ſchweren Maſſen gleich ſind.

§. 222. Wenn zwey Körper von verſchiedenen Höhen fallen, deren Endgeſchwindigkeiten ſich umgekehrt verhalten wie die ſchweren Maſſen, ſo haben ſie gleiche Gewalt.

Ein Gewicht von 3 Pf., das aus einer Höhe von 15,625 Fuß fällt, hat nicht mehr Gewalt als ein Gewicht von 1 Pf., das aus der Höhe von 140,625 Fuß fällt. Denn es ſind hier Geſchwindigkeit und Maſſen einander umgekehrt proportional, oder die Producte daraus ſind gleich. Es iſt nämlich die Endgeſchwindigkeit von 3 Pf. $= \sqrt{15625} = 125$, und die von 1 Pf. $= \sqrt{140625} = 375$. Sie verhalten ſich alſo wie $125 : 375 = 1 : 3$. Da nun die Größen der Bewegung gleich ſind, wenn die Producte aus den Geſchwindigkeiten in die Maſſen gleich ſind, ſo iſt auch hier gleiche Größe der Bewegung, weil $3 . 1 = 1 . 3$.

§. 223. Aus den allgemeinen Geſetzen der Beſchleunigung ſchwerer fallender Körper (§. 213.) und dem Erfahrungsſatze im §. 215. läßt ſich leicht finden: 1) wie groß der Raum iſt, den ein Körper in einer jeden gegebenen Secunde ſeines Falles durchfällt; 2) wie groß die Höhe iſt, von der er herabgefallen iſt, wenn die Zeit ſeines Falles beſtimmt worden iſt; und endlich 3) wie viel Zeit er gebraucht habe, wenn die Höhe gegeben iſt.

Wenn wir die Zeit des Falles T, die zur Fallhöhe gehörige Geſchwindigkeit V, und die Fallhöhe S nennen, ſo dienen folgende Formeln bequem zur Auflöſung der Aufgabe, wobey der Werth der Fallhöhe in Tauſendtheilchen des rheinl. Fußes, die Zeit in Secunden genommen oder gefunden wird:

1) $T = \frac{\sqrt{S}}{125} = \sqrt{\frac{S}{15625}}$.

2) $V = 250 . \sqrt{S} = 2 . \sqrt{(15625 . S)} = 2 . (125)^2 . T$ (§. 218. 220.).

3) $S = 125^2 . T^2 = \frac{V^2}{250^2}$.

Wenn durch die Erde hindurch ein Loch ginge, das gerade durch den Mittelpunct der Erde träfe, und die beſchleunigende Kraft der Schwere bliebe gleichförmig und es wäre kein Widerſtand der Luft u. dergl. da; ſo würde ein

ein ſchwerer Körper, der durch dieſes Loch durchfiele, wenn wir den Halbmeſſer der Erde 19615800 pariſ. Fuß annehmen, in $\sqrt{\frac{19615800}{15,094662}}$ oder nahe 1140 Secunden oder 19 Minuten den Mittelpunct der Erde erreichen; aber er würde, nach §. 226., hier nicht ſtehen bleiben, ſondern durch die in dieſer Fallhöhe erlangte Geſchwindigkeit auf der andern Seite eben ſo hoch in die Höhe ſteigen, und von da wieder bis ganz herauf zurückgehen, und dies beſtändig ſo fort.

§. 224. Je länger der Fall eines Körpers dauert, je mehr nähert ſich ſeine Bewegung der Gleichförmigkeit.

§. 225. Wenn ein Körper durch irgend eine Kraft in lothrechter Richtung in die Höhe getrieben wird, ſo wirkt die Schwere ſeiner Bewegung entgegen. Zwey einander entgegengeſetzte Kräfte aber vernichten ſich; und wenn daher die Kraft, welche den Körper in die Höhe treibt, ſo groß iſt, als die bewegende Kraft der Schwere, ſo kann gar keine Bewegung erfolgen. Wird er aber durch eine größere Kraft mit einer gewiſſen Geſchwindigkeit in die Höhe getrieben, ſo nimmt, weil die Schwere als eine ſtetige Kraft fortdauernd wirkt, ſeine Geſchwindigkeit eben ſo rückwärts ab, wie ſie von der zu der Geſchwindigkeit des Wurfs gehörigen Höhe würde zugenommen haben. Der Körper ſteigt alſo mit einer gleichförmig verminderten Bewegung (§. 72.) in die Höhe, und ſeine Geſchwindigkeit oder die Räume, welche er in gleichen Zeiten zurücklegt, verhalten ſich wie die ungeraden Zahlen 17, 15, 13, 11, 9, 7, 5, 3, 1.

§. 226. Ein Körper alſo, der durch eine Kraft lothrecht in die Höhe getrieben wird, ſteigt wegen der Schwere nur zu derjenigen Höhe hinauf, aus welcher

cher er bey dem Herabfallen die Geſchwindigkeit erlangen könnte, mit welcher er anfangs geworfen wurde.

§. 227. Bey der gleichförmig verminderten Bewegung gelten dieſelbigen Geſetze, wie bey der gleichförmig beſchleunigten. Wenn daher der Raum bekannt iſt, den ein Körper in der erſten Secunde ſeines ſenkrechten Aufſteigens der Schwere entgegen zurücklegt, ſo läßt ſich beſtimmen: 1) die Geſchwindigkeit, mit der er geworfen wird; 2) die Zeit, die er braucht, um ſeine ganze Wurfsgeſchwindigkeit zu verlieren; und 3) die Höhe, zu der er aufſteigt, ehe er ſeine ganze Geſchwindigkeit verliert.

Geſetzt, ein Körper ſteigt in der erſten Zeitſecunde ſeines lothrechten Wurfs 9 . 15,625 Fuß = 140,625 Fuß hoch auf, ſo wird er überhaupt 5 Secunden lang, und $5^2 . 15,625 = 390,625$ Fuß hoch ſteigen. Denn

in der 1ſten Secunde	ſteigt er	9mal	15,625	F.	=	140,625	F.
2ten „	„ „	7 „	15,625	„	=	109,375	„
3ten „	„ „	5 „	15,625	„	=	78,125	„
4ten „	„ „	3 „	15,625	„	=	46,875	„
5ten „	„ „	1 „	15,625	„	=	15,625	„
folgl. in 5 Secunden	„	25mal	15,625	„	=	390,625	„

Fall auf der ſchiefen Ebene.

§. 228. Auf einer feſten wagerechten Ebene liegt ein ſchwerer Körper völlig ruhig, wenn dieſe Ebene die Directionslinie des Falles ſeiner Maſſe lothrecht unterſtützt. Eine Ebene aber, welche mit einer Horizontalebene einen ſchiefen Winkel macht, und eine **ſchiefe, geneigte** oder **inclinirte Ebene** (Planum inclinatum) genannt wird, hält nur einen Theil dieſes Druckes auf, ein anderer Theil treibt den Körper längs der Ebene herab.

Eine

Eine Kugel rollt auf einem ſchiefen Brete herab; ein Würfel gliſcht darauf herab. Nöthige Erinnerung wegen der Friction.

Es ſey CB (Fig. 29.) eine geneigte Ebene im Durchſchnitte, die unter dem Winkel CBA gegen den Horizont AB geneigt iſt. CA iſt ihre Höhe, und CB ihre Länge. Auf dieſer geneigten Ebene befinde ſich eine ſchwere Kugel M, in deren Mittelpuncte f wir uns ihre Schwere vereinigt denken können. Die Directionslinie des Falles iſt nun fc, und weil dieſe nicht von der Ebene CB unterſtützt wird, ſo muß die Kugel herabfallen; aber nicht mit der ganzen bewegenden Kraft, ſondern nur mit einem Theile derſelben, wie aus der Zerlegung der Kräfte (§. 91.) folgt. Die Kraft der Schwere, die in der Direction fc wirkt, läßt ſich zerlegen in die Kräfte fg und fb; und fc iſt die Diagonale des Parallelogramms, das auf die Seitenkräfte fb und fg aufgeſetzt iſt. fg ſteht ſenkrecht auf CB, und kann alſo, weil CB vollkommen widerſtehend angenommen wird, keine Bewegung der Kugel M hervorbringen; es bleibt folglich nur der Theil fb übrig, der, weil er parallel mit der Ebene CB läuft, von der Ebene keinen Widerſtand erleidet, und folglich die Kugel längs der Ebene herabzugehen nöthigt.

§. 229. Je größer die Neigung der ſchiefen Ebene gegen die Horizontalebene wird, um deſto mehr wird der Körper von ihr unterſtützt, mit deſto geringerer Gewalt fällt folglich der Körper auf ihr herab. Je kleiner aber ihre Neigung gegen den Horizont wird, mit deſto größerer Gewalt wird der Körper von ihr herabgetrieben.

Je kleiner der Neigungswinkel CBA (Fig. 29.) wird, um deſto mehr nähert ſich fc der ſenkrechten Richtung auf CB, oder um deſto mehr kommt fg der Richtung fc näher, folglich deſto kleiner wird fb, oder die Kraft, mit der der Körper auf der Ebene herabfällt.

Je größer CBA wird, deſto größer wird fb.

§. 230. Die Kraft fb (Fig. 29.), welche den ſchweren Körper M längs der geneigten Ebene CB herabzugehen nöthigt, heißt das **relative** oder **reſpective Gewicht** des Körpers. Denn das abſolute Gewicht (§. 209.) deſſelben wird nur durch den lothrechten Druck fc beſtimmt.

§. 231.

§. 231. Die Kraft, welche erforderlich iſt, um die Bewegung eines Körpers auf einer ſchiefen Fläche aufzuhalten, braucht natürlicher Weiſe nicht ſo groß zu ſeyn, als ſein abſolutes Gewicht. Sie iſt um deſto kleiner, je mehr die Ebene geneigt iſt; um deſto größer, je weniger dieſe geneigt iſt.

Die Kraft, welche nöthig iſt, um das Herabrollen von M (Fig. 29.) auf der ſchiefen Ebene CB zu verhüten, braucht nur der Kraft fb, die kleiner iſt als fc, Widerſtand zu leiſten, weil fg an der Ebene CB Widerſtand findet.

§. 232. **Ueberhaupt verhält ſich das relative Gewicht eines Körpers (§. 230.), das den Körper längs der ſchiefen Ebene herabtreibt, zu ſeinem abſoluten Gewichte, wie die Höhe der ſchiefen Ebene zu ihrer Länge.**

Verſuche mit dem Plano inclinato.

Wenn wir das relative Gewicht eines Körpers p, das abſolute P, die Länge der ſchiefen Ebene L und ihre Höhe A nennen, ſo iſt $p : P = A : L$, folglich $p = P \times \frac{A}{L}$, und überhaupt für verſchiedene Ebenen $p : \pi = \frac{A}{L} : \frac{a}{l}$.

Es iſt nämlich das Dreyeck fcb dem Dreyecke CBA ähnlich, weil der Winkel fcb dem Winkel CBA, und der Winkel cfb dem Winkel ACB gleich iſt. Es verhält ſich demnach $fb : fc = CA : CB$, oder das relative Gewicht fb zum abſoluten Gewichte fc, wie die Höhe der ſchiefen Ebene CA zu ihrer Länge CB.

Weil ferner in jedem Dreyecke die Seiten den Sinus der Winkel proportional ſind, ſo iſt auch das relative Gewicht p gleich dem abſoluten Gewichte P mit dem Neigungsſinus I multiplicirt, oder:

$$p = P \times \text{ſin. I.}$$

§. 233. Ein ſchwerer Körper fällt auf der ſchiefen Ebene nach denſelbigen Geſetzen, wie bey dem freyen Falle; ſeine Bewegung iſt ebenfalls eine gleichförmig beſchleunigte, und die längs der ſchiefen Ebene

zurück-

zurückgelegten Wege verhalten ſich ebenfalls wie die Quadratzahlen der verfloſſenen Zeiten. Die beſchleunigende Kraft der Schwere iſt aber dabey vermindert, und ſie verhält ſich zur unverminderten Kraft der Schwere wie die Höhe der ſchiefen Ebene zu ihrer Länge.

Wenn wir die beſchleunigende Kraft der relativen Schwere φ und die der abſoluten f nennen, ſo iſt $\varphi : f = A : L$, und überhaupt $\varphi = \frac{f \cdot A}{L}$. Eben darin, daß die beſchleunigende Kraft der Schwere auf der ſchiefen Ebene vermindert iſt, iſt der Grund zu ſuchen, daß das relative Gewicht kleiner iſt, als das abſolute. Denn wenn gleich die Summe der von der Schwere afficirten Theile oder M dieſelbige bleibt, ſo muß doch das Product aus dieſen Theilen durch die beſchleunigende Kraft kleiner werden, wenn dieſe kleiner wird. Weil nämlich $\varphi < f$, ſo muß $\varphi \cdot M < f \cdot M$ oder $p < P$ ſeyn.

§. 234. Weil alſo die beſchleunigende Kraft der Schwere bey dem Falle auf der ſchiefen Ebene vermindert wird, ſo wird auch der Raum, den ein Körper in der Zeiteinheit auf der ſchiefen Ebene zurücklegt, kleiner ſeyn, als die ſenkrechte Fallhöhe in dieſer Zeiteinheit; und es wird ſich der Raum, den ein Körper auf der ſchiefen Ebene in einer gewiſſen Zeit zurücklegt, zu dem Raume des freyen Falles in eben dieſer Zeit verhalten wie die Höhe der ſchiefen Ebene zu ihrer Länge.

Wegen der größern Zeit, die alſo ein Körper braucht, um gleiche Räume auf der ſchiefen Ebene, als bey dem freyen Falle zurückzulegen, laſſen ſich auch die Zeiten des Falles auf der geneigten Ebene bequemer beobachten; und ſo bediente ſich Galilei dieſes Verfahrens, um die von ihm entdeckten Geſetze des Falles ſchwerer Körper zu beſtätigen (§ 213.). S. deſſen *Dialogi de motu locali* III. S. 53.

Geſetzt, daß die Ebene CB eine Länge von 25 Fuß bey einer Höhe CA von $2\frac{1}{2}$ Fuß hätte, ſo würde die von der relativen Schwere herrührende beſchleunigende Kraft zur abſoluten ſich verhalten wie $2\frac{1}{2} : 25 = 1 : 10$. Die beſchleunigende Kraft der relativen Schwere würde dieſem-

nach

nach den Körper $\frac{15,625}{10}$ Fuß = 1,5625 in der Secunde herabtreiben; und es würden, (nach §. 223. 3.), $\sqrt{\frac{25}{1,5625}} = \sqrt{16}$ Secunden, oder 4 Secunden Zeit verfließen, ehe der Körper den ganzen Weg auf der ſchiefen Ebene zurückgelegt hätte.

§. 235. Da die ſenkrechte Fallhöhe eines ſchweren Körpers in einer gegebenen Zeiteinheit beſtimmt iſt (§. 215.), ſo läßt ſich auch der Raum beſtimmen, den ein Körper in eben derſelben Zeit, die er bey dem lothrechten Falle verwendet, auf einer gegebenen ſchiefen Fläche durchlaufen wird.

Es ſey CB (Fig. 30.) eine ſchiefe Ebene, deren Höhe durch CA vorgeſtellt iſt. Wenn man nun aus dem rechten Winkel A, der durch die Höhe CA und die Horizontallinie AB gebildet wird, das Perpendikel AF auf die ſchiefe Ebene CB fällt, ſo wird der Körper, wenn er frey von C nach der Verticallinie CA herabfiele, dieſe ganze Höhe CA bey dem freyen Falle in eben der Zeit durchlaufen, in der er bey dem Falle auf der ſchiefen Ebene vom Scheitel C nach F gelangt. Denn es verhält ſich (§. 234.) der Raum, den der Körper in einerley Zeit auf der ſchiefen Ebene zurücklegt, zur freyen verticalen Fallhöhe, wie die Höhe der ſchiefen Ebene CA zu ihrer Länge CB. Es iſt aber CF : CA = CA : CB, weil die Perpendikellinie AF zwey ähnliche Dreyecke CAF und CBA giebt, woraus man die Proportion CA : CB = CF : CA bekommt.

Wird der Neigungswinkel der Ebene größer, und = CGA, ſo würde der Körper den Theil CH > CF in eben der Zeit auf der ſchiefen Ebene CG zurücklegen, da er bey dem verticalen Falle im freyen CA durchlaufen würde.

Wenn alſo drey Körper zu gleicher Zeit von einem und demſelben Puncte C ausgingen, der eine nach der Richtung CA, der andere nach der Richtung CG, und der dritte nach der Richtung CB, ſo würden ſie zu einerley Zeit, der erſte in A, der zweyte in H, und der dritte in F anlangen.

§. 236. Man beſchreibe auf der gemeinſchaftlichen Höhe der beyden ſchiefen Flächen CB und CG (Fig. 31.) einen Kreis, der die Höhe CA dieſer Flächen zum Durchmeſſer hat, ſo werden CF und CH

Sehnen

Sehnen dieſes Kreiſes ſeyn, und nach dem vorhergehenden §. wird der ſchwere Körper dieſe Sehnen in eben der Zeit durchlaufen, da er den verticalen Durchmeſſer CA durchläuft. Es läßt ſich dies von jeder andern Sehne dieſes Kreiſes beweiſen, und folglich der Satz annehmen: **daß ein ſchwerer Körper, der ſich nach irgend einer Sehne eines Halbkreiſes bewegt, die Sehnen im Halbkreiſe in eben der Zeit durchläuft, in der er den ſenkrechten Durchmeſſer des Kreiſes bey dem freyen Falle durchlaufen wäre.**

Sigaud a. a. O. I. §. 213.

§. 237. Ein Körper, der ſich längs der ſchiefen Fläche CB (Fig. 30.) bewegt, hat am Ende ſeines Falles in dieſer geneigten Richtung eben die Geſchwindigkeit, die er erhalten würde, wenn er von der lothrechten Höhe CA dieſer Fläche herabgefallen wäre.

Wenn z. B. CB 5mal länger wäre, als CA, ſo würde die beſchleunigende Kraft der relativen Schwere, (nach §. 233.), $\frac{1}{5}$ der abſoluten oder lothrechten ſeyn, und der Körper würde in der erſten Secunde $\frac{15,625}{5} = 3,125$ Fuß darauf herabfallen, und in derſelben eine Geſchwindigkeit von $2 \cdot 3,125 = 6,250$ Fuß erlangen. Wenn nun CB 28,125 Fuß lang wäre, ſo würde die Zeit, um dieſe ganz zu durchlaufen, $\sqrt{\frac{28,125}{3,125}} = 3$ Secunden betragen (§. 223. Anm.); und die zu dieſer Fallhöhe gehörige Geſchwindigkeit würde, (nach §. 219.), $3 \cdot 6,250 = 18,750$ Fuß ſeyn.

Da wir CA $\frac{1}{5}$ der Länge CB angenommen haben, ſo wird die Höhe CA 5,625 Fuß, und die Zeit, dieſe lothrechte Höhe zu durchfallen, wird $\sqrt{\frac{5,625}{15,625}} = 0,6$ Secunden ſeyn. Binnen 0,6 Secunden wächſt aber die Geſchwindigkeit bey dem lothrechten Falle auf $0,6 \cdot 31,250 = 18,750$ Fuß, alſo eben ſo viel, als vorhin, an.

Karſtens Lehrbegriff der geſ. Mathem. Th. I. B. II. §. 60. der Mechanik.

§. 238. Wenn ein ſchwerer Körper auf mehrern an einander hängenden ſchiefen Ebenen hinunter fällt, ſo daß er bey dem Uebergange von der einen zur andern nichts von ſeiner erlangten Geſchwindigkeit durch eine andere Urſach verliert, ſo hat er am Ende ſeines Falles eben die Geſchwindigkeit, als er erlangt haben würde, wenn er nach der lothrechten Richtung in der Höhe von dem Scheitel der erſten ſchiefen Ebene bis zur Grundlinie der letzten herabgefallen wäre; oder als ob er auf einer ſchiefen Ebene, die von dem Scheitel der erſten bis zum unterſten Puncte der letzten gelegt iſt, herabgeſunken wäre.

Es bewege ſich ein ſchwerer Körper durch die an einander gränzenden ſchiefen Ebenen (Fig. 32) AB, BC und CD, ſo iſt am Ende der erſten Ebene AB ſeine darauf erhaltene Geſchwindigkeit eben ſo groß, als ob er vertical durch AE fiele (§. 237.). Wenn er die Ebene BC durchläuft, ſo iſt ſeine erlangte Geſchwindigkeit ſo groß, als ob er die ſenkrechte Höhe dieſer Ebene BF = EH durchfallen wäre, und bey ſeinem Fallen auf der dritten ſchiefen Ebene wird er die Geſchwindigkeit erhalten, als ob er durch die Höhe derſelben CG = HI gegangen wäre. Seine erlangten Geſchwindigkeiten auf dieſen ſchiefen Ebenen ſind alſo gleich den durch die Höhen AE + EH + HI bey dem ſenkrechten Falle erlangten Geſchwindigkeiten. Dieſe Höhen machen aber zuſammen die lothrechte Linie AI vom Scheitel A der erſten ſchiefen Fläche bis zur Grundlinie der unterſten aus. Eben dieſe Geſchwindigkeit würde, (nach §. 237.), der Körper auch erhalten, wenn er längs AD herabfiele.
Sigaud a. a. O. I. §. 217.

§. 239. Hieraus folgt denn auch, daß ein ſchwerer Körper, der in einer krummen Linie hinabfällt, am Ende ſeines Falles eben die Geſchwindigkeit erlangt, als wenn er von dem Puncte an, von dem er ſich zu bewegen anfängt, lothrecht auf die Horizontallinie, die durch den unterſten Punct der krummen Linie gezogen werden kann, herabfiele, oder auch als wenn er durch die Chorde des Bogens niederginge.

Jede

Jede krumme Linie läßt ſich nämlich ſo anſehen, als ob ſie aus unendlich kleinen, einen Winkel einſchließenden, geraden Linien beſtünde, und alſo als die Durchſchnittslinien an einander gränzender ſchiefer Ebenen. Folglich wird ſich auch der vorige Satz (§. 238.) darauf anwenden laſſen. Geſetzt, der Körper fällt in der krummen Linie ABCD herab, ſo wird er dieſemnach in D die Geſchwindigkeit erlangt haben, die er durch den lothrechten Fall von AI = aD oder auch durch die Chorde AD des Bogens ABCD erhalten würde. (Fig. 32.).

§. 240. Wenn ein ſchwerer Körper durch irgend eine Kraft in Bewegung geſetzt worden iſt, und eine ſchiefe Ebene hinaufwärts zu gehen genöthigt wird, ſo wird er mit einer gleichförmig verminderten Bewegung hinaufſteigen, und es wird nach dem bisher Vorgetragenen alles das, was oben von dem ſenkrechten Aufſteigen ſchwerer Körper (§§. 225 — 227) geſagt worden iſt, ſich in Beziehung auf die ſchiefe Ebene anwenden laſſen.

Karſtens Anfangsgr. d. Naturw. §. 77. 78.

Pendelſchwingungen.

§. 241. Ein ſchwerer Körper, der an irgend einer Stelle, die nicht mit ſeinem Schwerpuncte übereinkommt, an einem feſten Puncte ſo aufgehängt wird, daß er ſich um dieſe Stelle frey drehen kann, heißt ein **Pendel** (Pendulum).

Eine Kugel, die an einem zarten Faden hängt; eine Stange, die oben um einen Stift beweglich iſt, oder an einem biegſamen Metallplättchen befeſtigt iſt, können Beyſpiele abgeben.

§. 242. Wir können uns vorſtellen, daß zwar der Punct B (Fig. 33.) von der beſchleunigenden Kraft der Schwere getrieben werde, daß aber die Linie CB, durch die er an dem Puncte C aufgehängt

iſt,

iſt, ſelbſt nicht ſchwer und doch unbiegſam ſey. Ein ſolches eingebildetes Pendel heißt dann ein einfaches oder **mathematiſches Pendel** (Pendulum ſimplex). Ein **zuſammengeſetztes Pendel** (Pendulum compoſitum) hingegen iſt ein ſolches, wenn mehrere ſchwere Puncte an der nicht ſchweren Linie über einander aufgehängt angenommen werden, oder wenn dieſe Linie ſelbſt ſchwer iſt.

§. 243. Wenn das durch die Schwere afficirte Pendel ruhen ſoll, ſo kann es nur in der Lage ſeyn, worin die Richtung des Fadens auf dem Horizonte ſenkrecht iſt; oder ſich ſelbſt überlaſſen kann es nur dann ruhen, wenn ſich ſein Schwerpunct gerade unter dem Aufhängungspuncte in der lothrechten Linie durch dieſen Punct befindet.

§. 244. Wird das Pendel aus der lothrechten Lage gebracht, und ſich ſelbſt überlaſſen, ſo fällt es in einem Kreisbogen wieder hinab. Iſt es nun wieder bey dieſem Hinabfallen zur ſenkrechten Richtung gekommen, ſo hat es durch dieſen Fall eine Geſchwindigkeit erhalten, als ob es von dem Puncte an, von dem es zu fallen anfing, lothrecht auf die Horizontallinie, die durch den unterſten Punct der krummen Linie gezogen werden kann, herabgefallen wäre (§. 239.); es muß alſo mit der erlangten Geſchwindigkeit auf der andern Seite wieder im Bogen eben ſo hoch ſteigen, wo es ſich dann endlich wie vorher in eben denſelbigen Umſtänden befindet, und daher wie das erſte Mal den Bogen in umgekehrter Richtung durchlaufen, und ſich alſo beſtändig hin und her bewegen

wegen muß. Dieſe abwechſelnde Bewegung nennt man eine Schwingung oder Vibration des Penduls (Oſcillatio, Vibratio penduli).

Es ſey CB (Fig. 33.) ein einfaches Pendul, und der Punct B werde von der Schwere afficirt. Geſetzt, es wird das Pendul aus der verticalen Lage in die geneigte Cb gebracht, und ſich ſelbſt überlaſſen, ſo muß es ja von ſelbſt in Bewegung kommen, weil der ſchwere Punct nicht mehr lothrecht unterſtützt iſt. Der ſchwere Punct gravitirt in der Richtung bq, und der Faden widerſteht in der Richtung Cb. Man verlängere Cb nach r, ſetze fb auf Cb ſenkrecht, ziehe qr mit fb, und fq mit br parallel, ſo wirkt die Gravitation eben ſo, als wenn ſie der Erfolg zweyer anderer Kräfte bf und br wäre, die ſich gegen die Kraft der Schwere des Punctes, wie die Seitenlinien bf und br des Parallelogramms, das darauf errichtet iſt, zur Diagonallinie bq verhalten. Die Kraft br kann keine Bewegung hervorbringen, da ihr der Faden bC vollkommen widerſteht, und ſie kann nur den Faden dehnen; es kann alſo nur die Kraft bf wirken, und Bewegung hervorbringen. Da aber der Faden den ſchweren Punct immer in gleicher Entfernung von C erhält, ſo wird der bewegte Punct von der Richtung der Tangente bf beſtändig abgelenkt und genöthigt, einen Kreisbogen zu beſchreiben.

Geſetzt, der ſchwere Punct iſt bey dieſer Kreisbewegung bis m fortgerückt, ſo wird, weil die Gravitation ſich gleich bleibt, und alſo mq = bq angenommen werden muß, mf kleiner werden, als bf war, und dieſe Seitenlinie mf wird immer um deſto kleiner werden müſſen, je näher der ſchwere Punct der niedrigſten Stelle B kommt. Der Druck nach bf iſt alſo eine veränderliche Größe, und verſchwindet ganz, wenn der ſchwere Punct in B anlangt. Dieſer wird alſo durch eine veränderliche Kraft beſchleunigt, und weil ſie in der Richtung der Tangente immer mehr und mehr abnimmt, ſo wird auch die in gleichen Zeittheilchen hinzu kommende Vermehrung der Geſchwindigkeit immer geringer, bis ſie endlich ganz wegfällt, wenn der ſchwere Punct in B angelangt iſt. In dieſem Augenblicke aber hat er durch den Fall in der krummen Linie bB im Ganzen eine Geſchwindigkeit erlangt, als er durch den Fall von A in lothrechter Richtung nach B erhalten haben würde (§. 239.), und der ſchwere Punct ſtrebt ſolchergeſtalt, nach der Tangente von B weiter in der horizontalen Richtung mit der erlangten Geſchwindigkeit fortzugehen. Da aber der Faden dieſe geradlinige Richtung hindert, und ihn nöthigt, alle Augenblicke ſeine Richtung, die er nach der Tangente haben würde, zu ändern, ſo muß er wieder im Kreisbogen BS ſteigen. Da er aber hier eine ſchiefe Fläche hinaufſteigt, ſo wird ſeine Geſchwindigkeit eben ſo rückwärts abnehmen, als ſie bey dem Falle von b nach B zunahm. Geſetzt, er ſey bis n gelangt, ſo wird nf hier die Kraft vorſtellen,

die

die der Bewegung des B nach β entgegen wirkt; dieſe Kraft wird an jeder Stelle der Bewegung von B nach β immer größer werden, je näher n nach β kommt, und in β ſo groß ſeyn, daß die durch den Fall von b nach B erhaltene Geſchwindigkeit endlich ganz verſchwunden iſt, weil der ſchwere Körper nur zu derjenigen Höhe hinaufſteigen kann, aus der er bey dem Herabfallen die Geſchwindigkeit erlangen könnte, mit der er anfangs geworfen wurde (§. 226.). Auch iſt leicht einzuſehen, daß die ſteigende Bewegung von B nach β eben ſo viele Zeit erfordern werde, als nöthig war, von b nach B zu fallen.

Karſtens Anf. der Naturw. §. 81 — 83.

§. 245. Der Fall des Penduls (Fig. 33.) durch den Bogen bB, und das Aufſteigen durch Bβ, heißt ein halber oder auch ein einfacher Schwung (Oſcillatio dimidiata, ſimplex); der Gang durch den ganzen Bogen bβ und der Rückgang von β bis b, oder bis zum vorigen Puncte, von dem es ausging, iſt ein ganzer oder zuſammengeſetzter Schwung (Oſcillatio compoſita). Schwingungen, die in gleichen Zeiten vollendet werden, heißen iſochroniſch (Oſcillationes iſochronae).

§. 246. Die Dauer des Schwunges, oder die Schwingungszeit, hängt von dreyerley Umſtänden ab, nämlich 1) von der Größe des Elongationswinkels bCB; 2) von der Länge des Penduls, die bey dem einfachen Pendul von der Entfernung des Aufhängungspuncts C vom ſchweren Puncte B gerechnet wird; und 3) von der beſchleunigenden Kraft der Schwere, die nicht an allen Stellen der Erdkugel gleich groß iſt.

§. 247. Bey zwey Penduln, die gleichen anfänglichen Elongationswinkel (§. 246.) und gleiche Schwere, aber ungleiche Länge haben, verhalten ſich die Schwingungszeiten wie die Quadratwurzeln

der Längen, und folglich die Längen der Pendul wie die Quadratzahlen der Schwingungszeiten.

Wenn wir die Schwingungszeiten T, t, und die Längen der Pendul L, l, nennen, ſo iſt

$T : t = \sqrt{L} : \sqrt{l}$, folglich

$T^2 : t^2 = L : l$; alſo $L : l = T^2 : t^2$.

Man ſetze nämlich zwey einfache Pendul (Fig. 34.), deren Längen BC und AC ſind, und die bey gleichem anfänglichen Elongationswinkel $\beta CB = \alpha CA$ in Bewegung geſetzt werden. Die reſpectiven Bogen βB und αA, die ſie bey ihrem Schwunge beſchreiben, ſind die Räume, die ſie durchlaufen. Da dies nun eben ſo eine beſchleunigte Bewegung hervorbringt, als ob ſie längs der Chorde des Bogens niederfielen (§. 236.), in dieſem Falle aber ſich die zurückgelegten Räume wie die Quadratzahlen der verfloſſenen Zeiten verhalten (§. 233.), ſo werden ſich auch die Räume βB und αA ſo verhalten müſſen. Es iſt aber nach geometriſchen Sätzen $\beta B : \alpha A = \beta C : \alpha C$. Da ſich nun βB zu αA wie die Quadrate der Zeiten verhält, ſo wird auch $\beta C : \alpha C = T^2 : t^2$ ſeyn; βC und αC aber ſtellen die Längen der Pendul vor, alſo iſt $L : l = T^2 : t^2$, und alſo $T : t = \sqrt{L} : \sqrt{l} = \sqrt{\beta C} : \sqrt{\alpha C}$. In der doppelten Zeit wird alſo der vierfache, in der dreyfachen Zeit der neunfache Raum beſchrieben werden. Nun iſt der Raum βB viermal ſo groß, wenn der Radius βC viermal ſo lang iſt, und dieſer vierfache Raum wird alſo in der doppelten Zeit beſchrieben werden; der Schwung wird alſo doppelt ſo lange dauern, wenn die Länge des Penduls viermal, dreymal ſo lange, wenn die Länge neunmal größer iſt, als die eines andern; alſo verhält ſich die Länge der Pendul, wie die Quadratzahlen der Zeiten, worin ſie ſchwingen, und folglich die Dauer der Schwingung, oder die Schwingungszeit, wie die Quadratwurzel der Länge.

Ein Pendul alſo, das zu Paris, um einen Schwung binnen ½ Secunde zu vollenden, 9 Zoll 2½ Lin. pariſ. lang ſeyn müßte, muß, um eine Secunde zum Schwunge zu brauchen, 3 Fuß 8⅗ Lin. = 440,57 Linien, und um Schwingungen zu machen, die 2 Secunden dauern, 12 Fuß 10 Linien lang ſeyn.

§. 248. Die Anzahl der Schwingungen eines Penduls ſind im umgekehrten Verhältniſſe der Schwingungszeit, oder der Dauer der Schwingungen, und alſo auch im umgekehrten Verhältniſſe der Quadratwurzeln der Länge des Penduls.

Es iſt nämlich die Zahl der Schwingungen (N, n) deſto größer, je kleiner die Dauer des Schwunges, oder die Schwingungs-

gungszeit (T, t); folglich verhält ſie ſich verkehrt wie dieſe, oder es iſt

$$N : n = \frac{1}{T} : \frac{1}{t}.$$

Da ſich nun die Schwingungszeiten verhalten wie die Quadratwurzeln der Länge (§. 247.), ſo werden ſich auch die Zahlen der Schwingungen umgekehrt verhalten müſſen, wie die Quadratwurzeln der Längen; dieſemnach iſt

$$N : n = \frac{1}{\sqrt{L}} : \frac{1}{\sqrt{l}}; \text{ und } N^2 : n^2 = \frac{1}{L} : \frac{1}{l}.$$

Da $N = \frac{1}{T}$, ſo wird auch $\frac{1}{\sqrt{L}} = \frac{1}{T}$, und daher $T = \sqrt{L}$ ſeyn, wie es §. 247. giebt.

§. 249. Da ein durch die Schwere getriebener Körper die Chorde eines Halbkreiſes in eben der Zeit durchläuft, in der er den ſenkrechten Durchmeſſer des Kreiſes beym freyen Falle durchlaufen wäre (§. 236.); ſo würde der ſchwere Punct, in der Zeit, da er durch die Chorde βB (Fig. 35.) geht, die doppelte Länge des Penduls 2BC = DB durchlaufen, und in der eben ſo großen Zeit, da er bey dem Hinaufſteigen durch Bb geht, abermals durch 2BC fallen, folglich in der Zeit eines ganzen Schwunges die achtfache Länge des in Chorden ſchwingenden Penduls durchlaufen. Wenn ferner ein Pendul ſich nicht durch Kreisbogen, ſondern durch ihre Chorden bewegte, ſo würden alle ſeine Schwingungen iſochroniſch ſeyn (§. 236.).

§. 250. Wenn ein Pendul durch Kreisbogen unter verſchiedenen Elongationswinkeln ſchwingt, ſo ſind die Geſchwindigkeiten, die es erlangt, wenn es bey dem niedrigſten Puncte angelangt iſt, wie die Sehnen der durchlaufenen Bogen.

Ein Pendul CB (Fig. 36.) durchlaufe den Bogen βB, deſſen Sehne die gerade Linie βB iſt; man ziehe βE ſenkrecht auf CB, ſo iſt die Geſchwindigkeit bey dem Falle aus β in B

 gleich

gleich der aus E in B (§. 237.). Die Geſchwindigkeit des Falles aus E nach B iſt zu der aus D in B wie die Quadratwurzel von EB zu der von DB (§. 213 3.), das iſt, nach geometriſchen Gründen, wie Bβ zu DB. Ferner ziehe man αF ſenkrecht auf CB, ſo iſt die Geſchwindigkeit aus α in B ſo groß, als bey dem lothrechten Falle durch FB. Die Geſchwindigkeit des Falles aus FB aber iſt zu der aus DB wie die Quadratwurzel von FB zu der von DB, das iſt wie αB zu DB. Folglich iſt die Geſchwindigkeit aus α in B zu der aus β in B wie die Chorde αB zu der Chorde βB.

§. 251. Die Beſtimmung der Zeiten und ihrer Verhältniſſe zu den Räumen bey dem Falle auf vorgeſchriebenen krummen Linien würde hier zu weitläufig werden und mehr vorausſetzen, als es hier thunlich iſt; daher genügt es, nur die Reſultate der Unterſuchungen der Mathematik über die Pendul anzuführen. Dieſe lehren nämlich, daß, wenn ein Körper (Fig. 36.) durch den **Bogen** βB eines Kreiſes fällt, welcher DB = S zum Durchmeſſer hat, und, (nach §. 223. Anm.), die Zeit des Falles in der verticalen Richtung durch den Durchmeſſer durch $\sqrt{\frac{S}{g}}$ ausgedrückt wird, (wo g den in der Zeiteinheit zurückgelegten Raum bedeutet,) dazu eine Zeit erfordert werde, welche durch das Product der unendlichen Reihe $1 + \frac{1}{4}\frac{BE}{S} + \frac{9}{64}\frac{BE^2}{S^2}$ ——— in $\frac{1}{4}\pi\sqrt{\frac{S}{g}}$ angegeben wird, wo π die ludolphiſchen Zahlen 3,141592 .... für die Peripherie des Kreiſes vom Durchmeſſer 1 bedeutet. Durch den **Quadranten** GB wird die Höhe BE zu BC = $\frac{1}{2}$ S; folglich verwandelt ſich die Zeit des Fallens durch dieſen Quadranten in

(1

$$\left(1 + \tfrac{1}{4} \cdot \tfrac{1}{2} + \tfrac{9}{64} \cdot \tfrac{1}{4} \ldots\right) \tfrac{1}{4} \pi \sqrt{\frac{S}{g}}.$$

Da $\frac{1}{4}\pi = 0{,}785398 \ldots$ mit jener Reihe multiplicirt noch nicht völlig 1 giebt, ſo ſieht man leicht, daß die Zeit des Fallens durch den Quadranten des Bogens kleiner iſt als $\sqrt{\frac{S}{g}}$, oder als die Zeit durch den Durchmeſſer DB. Da ein ſchwerer Körper die Sehne eines Halbkreiſes in eben der Zeit durchläuft, als er durch den ſenkrechten Durchmeſſer des Kreiſes fällt (§. 236.), ſo iſt auch die Zeit des Fallens durch den Quadranten GB kleiner, als durch die Sehne GB.

Wird nun **der Bogen unendlich klein**, und γB dafür angenommen, ſo verwandelt ſich jene Reihe in 1, und die Zeit des Fallens durch denſelben in $\frac{1}{4}\pi \sqrt{\frac{S}{g}}$, und daraus folgt denn der Satz: **Die Zeit des Fallens in unendlich kleinen Bogen des Halbkreiſes verhält ſich zur Zeit des lothrechten Fallens durch den Durchmeſſer des Kreiſes, wie der vierte Theil des Umkreiſes zu deſſelben Durchmeſſer.**

Nennen wir alſo die Zeit des Fallens durch eines Halbkreiſes unendlich kleinen Bogen, t, und die durch den lothrechten Durchmeſſer, T, ſo iſt $t : T = \frac{1}{4}\pi \sqrt{\frac{S}{g}} : 1 . \sqrt{\frac{S}{g}}$, $= \frac{1}{4}\pi : 1$, oder nahe wie $\frac{355}{4} : 113$, oder wie 0,785 : 1,000.

§. 252. Da alle Sehnen eines Halbkreiſes in eben der Zeit von einem ſchweren Körper durchlaufen werden, ſo wird auch die Bewegung durch die unendlich kleine Sehne γB ſo lange dauern, als der lothrechte

rechte Fall durch DB; folglich fällt der Körper durch den unendlich kleinen Bogen $\gamma\beta$ in kürzerer Zeit, als durch die verſchwindende Sehne deſſelben: und es verhält ſich die Zeit des Fallens durch den verſchwindenden Bogen zur Zeit des Fallens durch die verſchwindende Sehne ebenfalls wie der vierte Theil des Umkreiſes zum Durchmeſſer. Die Schwingungen durch Kreisbogen ſind alſo ſchneller, als durch Sehnen.

§. 253. Wenn wir nun den Satz des §. 251. von der Zeit des Fallens in einem unendlich kleinen Bogen eines Halbkreiſes auf den ganzen Schwung eines Penduls anwenden, ſo wird die doppelte Länge des Penduls CB zu dem Durchmeſſer des Kreiſes genommen werden müſſen, — indem der unendlich kleine Bogen γB einem Kreiſe vom Halbmeſſer CB zugehört. Da nun ein ganzer Schwung aus dem Falle in den Bogen $\gamma\beta$, dem Hinaufſteigen in einen eben ſo großen Bogen auf der andern Seite, und dem Rückgange von da bis γ beſteht, alſo aus vier ſolchen Gängen, als der Bogen $\gamma\beta$ beträgt; ſo wird ſich dieſemnach die Zeit eines unendlich kleinen ganzen Schwunges zur Zeit des freyen Falles durch die doppelte Länge des Penduls wie der Umkreis zum Durchmeſſer verhalten.

Es iſt alſo $t : T = \pi \sqrt{\frac{S}{g}} : 1 \sqrt{\frac{S}{g}} = \pi : 1 = 3{,}141592 \ldots : 1{,}000000.$

§. 254. Wenn die Schwingungsbogen von einer merklichen Größe werden, ſo wird auch die Zeit

des

des Schwunges größer werden, und alſo nicht mehr in demſelbigen Verhältniſſe bleiben. Wenn indeſſen die Bogen ſehr klein ſind, ſo bleiben die Unterſchiede ſehr klein, und die Schwingungen des Penduls ſind merklich iſochroniſch.

Folgende Tabelle zeigt die Zögerung, die aus der Zunahme der Schwingungsbogen bey einem und demſelben Secundenpendel an einerley Ort für einen Tag, in Vergleichung mit dem wahren Secundenpendul, das mathematiſch genommen unendlich kleine Bogen beſchreibt, entſteht. Die Zunahme der Bogen iſt nach der Breite eines einfachen Schwunges beſtimmt, und die Länge des Penduls zu 3 Fuß 8 Lin. (pariſ.)

Einfacher Schwung.		Tägliche Verzögerung.
Zoll.	Linien.	Secunden.
0.	4.	0,1.
0.	8.	0,5.
1.	0.	1,0.
1.	4.	1,8.
1.	8.	2,8.
2.	0.	4,0.
2.	4.	5,5.
2.	8.	7,1.
3.	0.	9,0. u. ſ. w.

wie man leicht weiter finden kann, wenn man die Zahl der Zolle mit ſich ſelbſt multiplicirt, da denn das Product die Secundenzahl angiebt, welche die tägliche Verzögerung ausdrückt. Wenn alſo ein Pendul nur in der Breite von 8 Linien, oder auf jeder Seite 4 Linien ſchwingt, ſo iſt es kein wahres Secundenpendul, da es täglich $\frac{1}{2}$ Secunde zurückbleibt. Wenn aber die Bogen nur $2''$ oder $\frac{1}{250}$ Linie beſchrieben, ſo würde die tägliche Verzögerung nur ein Millionentheilchen einer Secunde, oder in 21500 Jahren eine Secunde betragen.

De la Lande Calcul aſtronomique. à Paris 1762. §. 253.

§. 255. Wenn die Schwünge des Penduls, auch bey verſchiedenem Elongationswinkel, von völlig gleicher Dauer, oder iſochroniſch ſeyn ſollen, ſo muß es nicht in Kreisbogen, ſondern in der Cykloide ſchwingen. Es läßt ſich nämlich aus der Anwendung der angeführten Sätze vom Falle in krummen Linien auf die Cykloide erweiſen, daß der Fall durch den

endlichen Bogen derſelben eben ſo lange daure, als durch den unendlich kleinen, weswegen ſie eben die tavtochroniſche Linie heißt. Daraus folgt denn der Satz: **Die Zeit des ganzen Schwunges in der Cykloide, auch bey ungleichen Bogen, verhält ſich zur Zeit des freyen Fallens durch die doppelte Länge des Penduls wie der Umkreis zum Durchmeſſer.**

Hugenii horologium oſcillatorium. P. II. pr. 25. *Friſi* coſmographia. Mediol. 1774. Vol. I. introd. §. 25.

§. 256. Die bisher vorgetragenen Beſtimmungen der Geſchwindigkeit und Dauer der Pendulſchwingungen gelten nur vom einfachen Pendul (§. 242.) im leeren Mittel. Ein zuſammengeſetztes Pendul iſt jedes phyſiſche Pendel, das daher erſt auf ein einfaches reducirt werden muß. Wird nämlich ein ſchwerer Körper an einem ebenfalls ſchweren Faden oder einer metallenen Stange ſo aufgehängt, daß das Ganze Schwingungen machen kann, ſo kann man die Länge deſſelben nicht für die Länge eines einfachen Penduls halten. Ein ſolches Pendul iſt vielmehr aus vielen materiellen Puncten zuſammengeſetzt, die insgeſammt ſchwer ſind, und eine verſchiedene Entfernung vom Aufhängungspuncte haben. Und eben deswegen nennt man es ein **zuſammengeſeztes Pendul.** Selbſt eine kleine metallene Kugel, die an einem zarten Faden aufgehängt iſt, iſt als ein zuſammengeſetztes Pendul anzuſehen, weil, wenn auch das Gewicht des Fadens nicht in Anſchlag käme, doch die Kugel nicht als ein Punct ohne Ausdehnung angenommen

werden kann. Wenn daher die Geſetze des einfachen Pendels auf wirkliche Pendel angewendet werden ſollen, ſo muß erſt beſtimmt werden, wie die länge eines einfachen Penduls ſey, deſſen Schwingungszeit eben ſo groß ſeyn würde, als die Schwingungszeit eines zuſammengeſetzten Penduls von gegebener Geſtalt und länge.

§. 257. Es ſey CBDE (Fig. 37.) ein zuſammengeſetztes Pendul; C ſey der Aufhängungspunct, um welchen ſich das Pendul bey ſeiner Schwingungsbewegung drehet, und A ſey der Schwerpunct des Penduls. Man nehme die gerade linie CO ſo lang an, als ein einfaches Pendul ſeyn müßte, wenn deſſen Schwingungen mit jenem iſochroniſch ſeyn ſollten. In dieſem Falle müßte der Punct O allein ſchwer ſeyn, wenn das zuſammengeſetzte Pendul in ein einfaches iſochroniſches verwandelt werden ſollte; oder die Entfernung zwiſchen dieſem Puncte O und dem Aufhängungspuncte C iſt die länge des einfachen Penduls, das mit dem zuſammengeſetzten iſochroniſch oder gleichzeitig ſchwingt. Dieſen Punct O nennt man den **Mittelpunct der Schwingung** oder den **Schwingungspunct** (Centrum oſcillationis); und die länge jedes zuſammengeſetzten Penduls iſt aus der Entfernung CO des Schwingungspunctes O vom Aufhängungspuncte C zu ſchätzen.

§. 258. Um alſo die vorgetragenen Sätze des einfachen Penduls auf ein zuſammengeſetztes anzuwenden, iſt es nöthig, bey dieſem den Schwingungspunct

punct zu beſtimmen (§. 257.). Dieſe Beſtimmung würde uns hier zu weit führen; wir entlehnen alſo nur einige Reſultate der Unterſuchungen, welche die Mechanik darüber angeſtellt hat.

1) In einer ſchweren, gleichartigen, und geraden Linie, z. B. in einer cylindriſchen oder parallelepipedaliſchen Stange von Metall, einem Metalldrahte, einem Blechſtreifen, u. dergl., iſt der Schwingungspunct vom Aufhängungspuncte um $\frac{2}{3}$ der Länge der Linie entfernt.

2) In einer ſoliden Kugel, die an einem nicht bemerkbar ſchweren Faden an ihrem Scheitel aufgehängt iſt, liegt der Schwingungspunct unter dem Schwerpuncte der Kugel um $\frac{2}{5}$ des Quotienten, den man findet, wenn man das Quadrat des Radius der Kugel mit der Entfernung ihres Schwerpuncts vom Aufhängungspuncte dividirt. So iſt z. B. bey einer Kugel von 1 Fuß (pariſ.) Durchmeſſer, deren Schwerpunct 440 Linien vom Aufhängungspuncte entfernt iſt, der Schwingungspunct 4,712 Linien unter dem Schwerpuncte derſelben; bey einer Kugel von 2 Zoll Durchmeſſer iſt er 0,13 Linien, und bey einer Kugel von einem Zolle 0,033 Lin. darunter.

3) Wenn der Faden, an welchem die ſolide Kugel hängt, ein merkliches Gewicht hat, ſo findet man den Schwingungspunct durch folgende Formel: Es ſey u das Gewicht des Fadens oder des Drahtes, P das Gewicht der Kugel, b der Durchmeſſer der Kugel, a die Entfernung des Mittelpuncts der Kugel

vom

vom Aufhängungspuncte; ſo liegt der Schwingungspunct unter dem Mittelpuncte der Kugel um

$$\frac{(\frac{1}{3}u + \frac{2}{5}P)\,b^2 - \frac{1}{6}u\,(ab + a^2)}{(\frac{1}{2}u + P)\,a - \frac{1}{2}bu}.$$

Eine kleine metallene Kugel von etwa zwey Linien im Durchmeſſer, die an einem ſehr zarten ungeſponnenen Hanffaden aufgehängt iſt, iſt zwar immer noch ein zuſammengeſeztes Pendul; indeſſen fällt doch der Mittelpunct der Kugel mit dem Schwingungspuncte ſehr nahe zuſammen.

Hugenii horologium oſcillatorium. Pariſ. 1673. Fol. P. IV. prop. 7 — 23. *Jacob Bernoulli*, in den Mém. de l'acad. roy. des ſc. 1703. S. 78 ff. und S. 281. ff. *Joh. Bernoulli*, ebendaſ. 1714 S. 208. *Mairan*, ebendaſ. 1735. S. 183. *Muſchenbroek* introductio in philoſoph. naturalem. I. §. 670. 671. *De la Lande* expoſition du calcul aſtronomique S. 199. *Le Pauté* traité d'horlogerie. à Paris 1755. 4. S. 291. Käſtners Anfangsgr. der höhern Mechanik, Göttingen 1766 8. S. 194. u. f. S. 243. Karſtens Lehrbegriff der Mathematik, Th. I. B. 2. Abſchn. VI. der Mechanik; ingl. Th. IV. Abſchn. VIII. und XI. der Mechanik.

§. 259. Wenn ein zuſammengeſeztes Pendul Schwünge von beſtimmter Zeitdauer verrichten ſoll, ſo muß die länge des gleichgeltenden einfachen Penduls eine beſtimmte Größe haben. Wenn die Zeit eines einfachen oder halben Schwunges gerade eine Secunde dauert, ſo heißt die dazu gehörige länge das **Secundenpendul**, oder auch die **Länge des einfachen Penduls.**

§. 260. Man kann die länge des Secundenpenduls (§. 259.) durch Beobachtung beſtimmen. Man hänge zu dem Ende eine ſolide Kugel an einem dünnen ungezwirnten Faden auf, und beſtimme die Entfernung des Schwingungspunctes vom Aufhängungspuncte aufs genaueſte (§. 258.). Man wähle einen Ort zur Beobachtung, der eine gleichförmige Tempe-

Temperatur von etwa 10° Reaum. hat, und keinem Luftzuge unterworfen iſt. Man laſſe hierauf das Pendul frey ſchwingen, zähle die einfachen Schwingungen deſſelben eine Zeit lang fort, und beobachte nach einer richtig gehenden und gut geordneten Secundenuhr die während der Schwingungen verfloſſene Zeit. Man drücke die ſo beobachtete Zeit in Secunden aus, und dividire ſie mit der beobachteten Anzahl der Schwingungen, ſo hat man die Schwingungszeit für ein einfaches Pendul von bekannter Länge, nämlich von einer Länge, die der Entfernung des Aufhängungspuncts vom Schwingungspuncte gleich iſt. Aus der Länge dieſes Probependuls und der Dauer ſeiner einfachen Schwingungen läßt ſich nun nach einer leichten Rechnung (§. 247.) die Länge eines einfachen Penduls beſtimmen, das in einer Secunde einen einfachen Schwung macht. Man wiederhohle dieſen Verſuch oft mit Probependuln von verſchiedener Länge, und nehme das Mittel von allen Verſuchen, um deſto ſicherer die Länge des einfachen Secundenpenduls zu erhalten.

Mairan a. a. O. S. 153 — 200. *Van Swinden* poſitiones phyſicae. I. S. 98.

Einen bequemen und ſehr genauen Apparat, die Länge des Secundenpenduls zu beſtimmen, hat Hr. von Zach angegeben und beſchrieben: Beſchreibung einer neuen Vorrichtung, womit die Verſuche und Beſtimmungen der wahren Länge des einfachen Secundenpenduls genau und behend angeſtellt und gemacht werden können; in Bodens Samml. aſtronomiſcher Abhandl. 1 Supplementb. S. 175. ff.; und in Voigts Magazin, B. IX. St. 1. S. 142. ff.

§. 261. Um indeſſen die wahre Länge des einfachen Secundenpenduls, das in einem freyen Mittel

ſchlägt,

ſchlägt, und wobey die Erde als ruhend angenommen wird, zu finden, ſind noch einige Berichtigungen zu den vorhergehenden Verſuchen nöthig, und zwar

1) Wegen des **Widerſtandes der Luft.** Die Pendul erleiden nämlich von der Luft, die ſie beym Schwingen aus der Stelle drängen müſſen, einen Widerſtand, der um deſto größer iſt, je dichter die Luft, und je größer das Volum des Penduls iſt. Pendul von größerm Gewichte ſchwingen daher bey gleicher Länge und gleichem Volum allerdings ſchneller, als die von leichterm Gewichte, obgleich die Größe des Gewichts auf die Schwungbewegung an ſich ſo wenig Einfluß hat, als auf den Fall der Körper (§. 216.). Durch dieſen Widerſtand der Luft kommt es hauptſächlich, daß die Schwingungsbogen immer kleiner werden, und das Pendul endlich zur Ruhe kommt, da ſonſt die Schwungbewegung an ſich ohne Ende fortdauern müßte. Ob nun aber gleich durch dieſen Widerſtand der Luft die Dauer des Niederganges etwas länger wird, ſo wird doch die des Aufſteigens dadurch wieder etwas kürzer, und durch dieſe Compenſation kommt es, daß die Schwünge ziemlich iſochroniſch bleiben, und daher keine merkliche Veränderung Statt findet, die einer Correction bedürfe. Eine ganz andere Bewandtniß aber hat es mit der hydroſtatiſchen Wirkung der Luft, wodurch, wie die Folge beym Waſſerwägen lehren wird, ein Theil der Gravitation des Penduls aufgehoben wird; hierauf muß ſich die Berichtigung wegen des Widerſtandes der

Luft

Luft beziehen. Dadurch, daß das Pendul Luft aus der Stelle drängt, verliert es einen Theil ſeines Gewichts, und bewegt ſich mit einem Verluſte ſeiner Gravitation. Daher iſt zu der beobachteten Länge des einfachen Secundenpenduls noch etwas hinzuzuſetzen, um die Länge deſſen zu finden, das im leeren Raume Secunden ſchwingt. Dieſer hinzuzuſetzende Theil verhält ſich zur Länge des einfachen Penduls in der Luft, wie das ſpecifiſche Gewicht der Luft zum ſpecifiſchen Gewichte der Materie, woraus das Pendul beſteht.

Bouguer traité de la figure de la terre. à Paris 1749. 4. S. 399. ff. *Van Swinden* poſ. phyſ. I. S. 93. §. 236.

2) Wegen der **Wirkung der Centrifugalkraft auf der Erde**, die von der Umdrehung der Erde um ihre Achſe herrührt, wodurch die Schwere des Penduls, und alſo die Länge des einfachen Secundenpenduls vermindert wird. Dieſe Verminderung iſt deſto größer, je näher der Ort der Beobachtung dem Aequator liegt, oder je größer die Kreiſe ſind, die er bey der täglichen Bewegung der Erde durchläuft. Ein und daſſelbige Pendul wird alſo unter dem Aequator langſamer ſchwingen, als gegen die Pole zu, und es wird dort verkürzt werden müſſen, wenn es iſochroniſch ſchwingen ſoll. **Richer** beobachtete dies bey ſeiner Reiſe nach Cayenne im Jahre 1672, 1 Grad 56 Min. vom Aequator; ſein Pendul, das zu Paris Secunden ſchlug, mußte hier um $1\frac{1}{4}$ Linie verkürzt werden, um die nämliche Geſchwindigkeit zu behalten. Um alſo die wahre Länge des einfachen Secundenpenduls

duls zu beſtimmen, welche Statt finden müßte, wenn die Erde ruhete, iſt zu der beobachteten Länge noch etwas hinzuzuſetzen. Um dies zu finden, darf man nur den Bruch $\frac{1}{289}$, (als das Verhältniß der Schwungkraft zur Schwere unter dem Aequator (§. 271. 12.), mit dem Quadrate des Coſinus der geographiſchen Breite des Orts multipliciren, und die gefundene Quantität zu der beobachteten Länge des Penduls zuſetzen. Geſetzt alſo, daß der Ort der Beobachtung unter einer Breite von 60 Graden läge, ſo iſt der Coſinus $= \frac{1}{2}$, und die Rechnung giebt $\frac{1}{4} \cdot \frac{1}{289}$ oder $\frac{1}{1156}$. Wenn nun die beobachtete Länge des einfachen Penduls daſelbſt 439,28 Linien wäre, ſo müßten noch $\frac{439,28}{1156} = 0,38$ Linien zu dieſer beobachteten Länge zugeſetzt werden, um die wahre Länge des Secundenpenduls zu finden, das durch die Schwungkraft keine Verminderung erleidet.

Hr. de la Lande giebt hiernach folgende Tafel an:

unter dem Aequator	ſ	0 Gr.	0 Min. ſ	1,53 Lin.
zu Portobelo	ſ ſ	9 ſ	34 ſ ſ	1,48 ſ
zu Klein-Goave	ſ ſ	18 ſ	27 ſ ſ	1,38 ſ
am Vorgeb. d. g. H.	ſ	33 ſ	55 ſ ſ	1,04 ſ
zu Paris	ſ ſ ſ	48 ſ	50 ſ ſ	0,67 ſ
zu London	ſ ſ ſ	51 ſ	31 ſ ſ	0,59 ſ
in Schweden bey	ſ ſ	60 ſ	0 ſ ſ	0,38 ſ
zu Pello in Lappland	ſ	66 ſ	48 ſ ſ	0,24 ſ

Phoronomia, ſive de viribus et motibus corporum ſolidorum et fluidorum libr. II. aut. *Jac. Hermanno*, Amſtelaed. 1716. 4. S. 368. ff. *De la Lande* calcul aſtronom. S. 203.

3) Wegen der Größe der Schwingungsbogen. Hierher gehört das, was §. 254. angeführt worden iſt.

4)

4) Wegen der **Wärme.** Die Temperatur kann nämlich die Länge des Maaßſtabes ändern, und daher iſt es nöthig, bey der Meſſung des Probependuls ſich entweder ſtets einer gleichförmigen Temperatur zu bedienen, oder den Unterſchied der Länge bey andern Temperaturen an dem Maaßſtabe erforſcht zu haben. — Wenn die Pendul ſelbſt von der Wärme und Kälte in ihrer Länge verändert werden, ſo würden ſie natürlicher Weiſe ihren Iſochronismus nicht behalten. An genauen Uhren hat man deswegen Pendul aus verſchiedenen Materien anzubringen geſucht, die ſich wechſelſeitig durch Verkürzung und Verlängerung bey verſchiedenen Temperaturen compenſiren; dahin gehört **Grahams** und **Romains** roſtförmiges Pendul aus eiſernen und kupfernen Stäben. Noch vollkommener hat man die Verbindung von Stäben aus Eiſen und Zink gefunden.

Muſchenbroek introd. ad philoſ. natural. I. §. 675. 676. *Berthoud* eſſai d'horlogerie. à Paris. T. II. 1763. 4. T. 2. S. 118 — 143. 181 — 188. 299 — 306.

§. 262. Ungeachtet aller dieſer Berichtigungen lehrt die Erfahrung, daß an den verſchiedenen Orten auf der Erde unter verſchiedenen Breiten die Länge des einfachen Secundenpenduls nicht gleich ſey; woraus denn folgt, daß die Beſchleunigung der Schwere in den verſchiedenen Breiten nicht gleich ſeyn könne. Man hat dieſe Länge gefunden:

1) unter dem **Aequator**, an der Meeresfläche, 439,21 Lin. pariſ. = 454,48 rheinl.;

2) zu **Paris**, unter der Breite von 48° 50′, 440,57 Lin. pariſ. = 455,89 rheinl.;

3) zu Leiden, unter der Breite von 52° 9′, 440,71 pariſ. = 456,04 rheinl.;

4) zu Pello in Lappland, unter der Breite von 66° 48′, 441,27 Lin. pariſ. = 456,61 rheinl.

Die Beſtimmung der Pendullänge von andern Orten ſehe man bey *Muſchenbroek* introd. in philoſ. nat. T. I. S. 99. und in Bodens Kenntniß der Erdkugel, S. 85.

Nach den neueſten und genaueſten Verſuchen in Paris hat man die wahre Länge des Secundenpenduls daſelbſt 440,6 Lin. pariſ. gefunden.

§. 263. Die Lehren vom einfachen Pendul hatte ſchon Galilei mit den Geſetzen der Schwere erfunden; Huygens aber erweiterte dieſe Erfindung, machte vom Jahre 1656 an davon überaus wichtige Anwendungen zur Verbeſſerung der Uhren, und wurde der Erfinder der Penduluhr. Er ſchlug auch die Länge des einfachen Secundenpenduls zu einem allgemeinen Fußmaaße vor, und nach ſeinem Vorſchlage ſollte der dritte Theil dieſer Länge der allgemeine Fuß ſeyn. Er wußte aber damals noch nicht, daß die Länge des Secundenpenduls unter verſchiedenen Breiten verſchieden wäre, und daß ſie zwar ein natürliches, aber kein allgemeines Längenmaaß gewähre. Für einerley Ort bleibt indeſſen dieſe ſcharfſinnige Beſtimmung immer anwendbar.

Chriſt. Hugenii horologium oſcillatorium. Pariſ. 1673. Fol.

Verſuch, durch Zeitmeſſungen unveränderliche Längen-, Körper- und Gewichtmaaße zu erhalten, — von Joh. Whitehurſt. a. d. Engl. überſ. mit Anm. von J. H. Wiedemann. Nürnb. 1790. 4.

§. 264. Eine andere ſehr wichtige Anwendung der Geſetze vom Pendul machte Huygens dadurch, daß er vermittelſt derſelben die Beſchleunigung der

Schwere beſtimmte. Weiß man nämlich die länge des einfachen Penduls, ſo läßt ſich nach §. 253. leicht beſtimmen, wie viel Fuß der Körper in der erſten Secunde ſeines Fallens durchlaufe. Weil nämlich die Quadratzahl der Schwingungszeit des Penduls ſich zur Quadratzahl von $\frac{355}{113}$ oder von 3,1415926..., (als dem Verhältniſſe der Peripherie des Kreiſes zum Durchmeſſer,) verhält wie die halbe länge des Penduls zur Beſchleunigung der Schwere, ſo darf man nur die halbe länge des einfachen Secundenpenduls für einen gewiſſen Ort mit der Quadratzahl von 3,1415926.. multipliciren, um den Fallraum ſchwerer Körper in der erſten Zeitſecunde, oder die Beſchleunigung der Schwere, für den Ort der Beobachtung zu finden. Die länge des einfachen Secundenpenduls iſt nach **Mairan** zu Paris 440,57 linien (§. 262.), folglich die halbe länge 220,28 linien (pariſ.), und dieſe mit der Quadratzahl von 3,1415926 = 9,869604 multiplicirt, giebt für die Fallhöhe der erſten Secunde 2174,07 linien pariſ. oder ſehr nahe, wie oben (§. 215.).

Karſtens Anfangsgr. d. Naturl. §. 94.

§. 265. Da die Beobachtungen lehren, daß die länge des einfachen Penduls, wenn es iſochroniſch bleiben ſoll, unter dem Aequator kürzer ſeyn muß, als gegen die Polarländer zu (§. 261. 2.), ſo folgt, daß die Schwere unter dem Aequator geringer ſeyn müſſe, als gegen die Pole zu. Zufolge dieſer Beobachtungen wächſt die länge des einfachen Secundenpenduls,

penduls, je mehr man ſich vom Aequator gegen die Pole zu entfernt. Es iſt zwar nicht das Ganze der Verminderung dieſer Länge gegen den Aequator zu auf Rechnung der Verminderung der Gravitation zu ſchreiben, ſondern ein Theil kommt auf Rechnung der größern Centrifugalkraft unter dem Aequator; da aber dieſer Theil beſtimmt werden kann (§. 261. 2.), ſo läßt ſich auch nach angeſtellter gehöriger Berichtigung die Verminderung der Schwere gegen den Aequator zu angeben. Die Schweren an den verſchiedenen Orten verſchiedener Breiten verhalten ſich wie die Längen des einfachen Secundenpenduls, die man nach den gehörigen Berichtigungen gefunden hat.

Newtoni princip. philoſ. natur. III. pr. 20.

§. 266. Eben ſo lehrt auch die Erfahrung, daß Pendul, die iſochroniſch ſchwingen, auf hohen Gegenden kürzer, als in niedrigern ſeyn müſſen; woraus denn folgt, daß die Schwere vom Mittelpuncte der Erde weiter abwärts geringer iſt, als bey mehrerer Nähe, und daß dieſe mehrere Erhöhung wahrſcheinlich der Grund iſt, warum gegen den Aequator zu iſochroniſche Pendul, auch nach der Correction wegen der Centrifugalkraft (§. 261.), kürzer ſeyn müſſen, als gegen die Pole hin.

Bouguer traité de la figure de terre. à Paris 1749. 4. S. 335 337.

Nach ihm war die Länge des einfachen Secundenpenduls unter dem Aequator

in der Höbe von 2434 Toiſen	36 Z.	6,70 L.
ſ ſ ſ 1466 ſ	36 ſ	6,83 ſ
an der Meeresfläche	36 ſ	7,07 ſ

Nach der gehörigen Berichtigung ſind dieſe Längen: 36 Z. 6,69 L.; 36 Z. 6,88 L.; 36 Z. 7,21 L.

Von den erdichteten Verſuchen einiger Franzoſen, die das Gegentheil darthun ſollten, ſebe man: *Le Sage* im Journal de Phyſique, T. I. S. 249.; *de Luc* lettres phyſiques et morales, L. 45. T. II. S. 358.; und Achard phyſiſche Schriften, S. 197.

Wurfbewegung.

§. 267. Wenn ein ſchwerer Körper in einer Horizontallinie, oder in einer andern, die nicht auf dem Horizonte ſenkrecht iſt, in einem freyen Mittel durch irgend eine Kraft fortgeworfen wird, ſo würde er, wenn die Schwere nicht auf ihn wirkte, in gleichen Theilen der Zeit gleiche Räume nach der Richtung des Wurfes durchlaufen; die Schwere treibt ihn aber ſenkrecht, nach der Fläche der Erde herab, und der Körper wird alſo von zwey Kräften zugleich getrieben, deren Richtungen einen Winkel einſchließen. Folglich iſt die Bewegung des Körpers zuſammengeſetzt, und ſeine Bahn würde ſich nach dem, was hiervon (§. 87.) geſagt worden iſt, leicht finden laſſen. Die Kraft der Schwere aber wirkt nicht bloß im Anfange, ſondern, als eine ſtetige Kraft, ununterbrochen, und beſchleunigt folglich den Fall des Körpers gleichförmig. Wenn dieſer alſo bey der durch den Wurf erhaltenen Geſchwindigkeit als bloß träge im erſten Augenblicke ein Raumtheilchen der geradlinigen, z. B. horizontalen, Bahn fortgeht, ſo wird er auch während dieſer Zeit durch die Schwere herabgetrieben, folglich nach Endigung deſſelben ſo tief ſeyn, als er beym lothrechten Falle ſeyn würde; nach dem zweyten Augenblicke wird er aber viermal tiefer geſunken ſeyn (§. 214.), wenn er in der Bewegung nach der Kraft

des

des Wurfes, oder nach der Projectionslinie nur zwey ſolche Raumtheilchen, als im erſten Augenblicke, fortgerückt iſt; nach dem dritten Augenblicke iſt er neunmal tiefer gefallen, da er vermöge ſeiner Geſchwindigkeit durch die erſtere Kraft wieder nur einen dreyfach ſo großen Raum, als im erſten Augenblicke, vorgerückt iſt; u. ſ. w. Kurz, der geworfene Körper wird eine krumme Linie beſchreiben, worin ſich die Abſciſſen verhalten wie die Quadrate der Ordinaten, und folglich eine Parabel. Auch dieſes Geſetz hat Galilei zuerſt entdeckt.

Es werde ein ſchwerer Punct A (Fig. 38.) in der horizontalen Richtung AH geworfen. Man theile AH in drey gleiche Theile AB, BG, GH, die von dem bloß trägen Körper in gleichen Zeiten zurückgelegt werden würden. Allein ſo wie die freye Wurfbewegung des ſchweren Körpers anfängt, ſinkt er durch die Schwere hinab. Wir wollen ſetzen, daß er in dem Zeittheilchen, da er AB ohne Schwere zurücklegen würde, durch dieſe AK hinabfalle; er wird alſo die Diagonale AE durchlaufen müſſen, folglich ſich nach Endigung des erſten Zeittheils in E befinden. Im folgenden Zeittheile würde er nach der Richtung des Wurfes, wenn er nicht ſchwer wäre, um BG = EM fortgerückt ſeyn; die Schwere würde ihn aber in dieſem zweyten Zeittheile allein 3mal tiefer hinabtreiben, als im erſten, folglich um MF = KP = 3 AK; er durchläuft alſo die Diagonale des Parallelogramms EMSF, und befindet ſich nach Endigung des zweyten Zeittheils in F, alſo nach der ſenkrechten Höhe AP = 4 AK hinabgetrieben. Im dritten Zeittheile würde ihn die Kraft des Wurfes um FO = GH fortrücken laſſen; er durchfällt aber vermöge der Schwere in dieſem Zeittheile den fünffachen Raum FR = 5 AK, und durchläuft alſo die Diagonale FL, ſo daß er nach Endigung der drey Zeittheile 9 AK in der ſenkrechten Höhe AN = HL hinabgeſunken iſt.

Da die Schwere auf den bewegten Punct nicht bloß in A, E und F, ſondern in jedem Puncte ſeiner Bahn ſtetig wirkt, ſo machen auch die Diagonalen AE, EF und FL keine geraden, ſondern krumme Linien aus, und die ganze Bahn iſt eine krumme Linie, die die Eigenſchaften einer Parabel hat: denn wenn man AN für die Achſe dieſer krummen Linie nimmt, ſo ſind AK, AP und AN die Abſciſſen, und KE, PF und NL die Ordinaten. Nun iſt vermöge

vermöge der Conſtruction $AK : AP = KE^2 : PF^2 = AB^2 : AG^2$; und $AK : AN = KE^2 : NL^2 = AB^2 : AH^2$.

Galilei dialog. de motu locali. L. B. 1699. 4. IV. th. I.

§. 268. Nicht nur in der horizontalen Richtung, ſondern auch in jeder andern, wofern ſie nur nicht auf den Horizont ſenkrecht iſt, müſſen nach dieſer Theorie die geworfenen ſchweren Körper eine paraboliſche Bahn haben, und zwar nicht nur bey dem Hinabſinken, ſondern auch bey dem Hinaufſteigen, und es läßt ſich ſolchergeſtalt der Weg, den ſie nehmen, und der Ort, wo ſie ſich in einer gewiſſen Zeit befinden, beſtimmen, wenn man die anfängliche **Geſchwindigkeit**, mit der ſie geworfen wurden, oder die **Gewalt des Wurfes** (Impetus iactus), ſo wie den Winkel kennt, den die Richtungslinie mit dem Horizonte macht. In der Luft macht freylich der Widerſtand derſelben bey großen Wurfsweiten, daß die Bahn des geworfenen Körpers nicht genau paraboliſch ſeyn kann. Auch ſind zwar die Richtungslinien der Schwerkraft im eigentlichen Sinne nicht parallel; indeſſen iſt bey kleinen Weiten der Unterſchied ſo gering, daß er nicht in Anſchlag kommen kann.

Beyſpiele geben: geworfene Steine, Geſchützkugeln, und beſonders ein ſpringender Waſſerſtrahl, wenn die Springröhre nicht lothrecht, ſondern ſchief oder horizontal ſteht.

Eigene Maſchinen, um durch Verſuche dieſe Theorie zu beſtätigen, beſchreiben: *'s Graveſande* elem. phyſic. §. 543 — 546. §. 1624 — 29.; *Muſchenbroek* introd. ad philoſ. nat. §. 704.; *Nollet* leçons de phyſique. VI. S. 212. ff. Exp. 5.; *Bernoulli* in den *nouv. mém. de l' acad. de Berlin* 1780.

Die Theorie geworfener Körper ſehe man bey: *Torricelli* de motu proiectorum, in ſeinen *operibus.* Florent. 1664. 4.; *Blondel* art de jetter les Bombes. à Paris 1683. 4.; *Maupertuis*, in den *Mémoires de l' acad. roy. des ſc.* 1731. S. 297.; *Tempelhoff* le bombardier pruſſien, ou du mou-

mouvement des projettiles. à Berlin 1781. 8.; Käſtners Anfangsgründe der höhern Mechanik §. 173. u. ff. Karſtens Lehrbegriff der geſammten Mathemat. Th. IV. Mechanik, Abſchn. XX.; und Anfangsgr. der mathem. Wiſſenſchaften, Th. II. §. 33. ff.

§. 269. Ein ſchwerer Körper, welcher ſolchergeſtalt in einer krummen Linie niederwärts geht, iſt am Ende ſeines Niederfallens in eben der Zeit, als wenn er von der Höhe ſeiner Wurfbewegung an ſenkrecht auf die Ebene herabfällt, die er am Ende ſeines krummlinigen Weges erreicht.

Centralbewegung ſchwerer Körper.

§. 270. Wenn aber die Richtungslinien der Schwere nicht unter einander parallel, ſondern nach einem Mittelpuncte zu gerichtet ſind, ſo wird die Schwere als Centripetalkraft, und die Kraft des Wurfes, die den ſchweren Körper von der Richtung der Centripetalkraft abzulenken ſtrebt, zur Tangentialkraft, folglich die Wurfbewegung zu einer wahren Centralbewegung werden (§. 99.). Bey den kleinen Weiten, in der wir auf der Erde die Körper werfen können, fallen ſie freylich bey ihrer krummlinigen Bahn auf die Erde zurück; die von ihnen beſchriebenen Bogen ſind ſo klein, daß alle von denſelben gegen den Mittelpunct der Erde gezogene Linien für parallel gehalten werden können, und daß alſo die Bahn von einer paraboliſchen Krümmung, die freylich nicht wieder in ſich ſelbſt zurückläuft, dem Anſehen nach entſteht. Es iſt aber doch denkbar, daß ein ſchwerer Körper in einer ſolchen Erhöhung von der Erde horizon-

zontal geworfen werde, daß die Weite der Bogen ſo wachſe, daß die aus ihnen nach dem Mittelpuncte der Erde gezogenen linien nicht mehr für parallel, ſondern für convergirend zu halten ſind; dann wird die Bahn nicht paraboliſch ſeyn können, ſie wird in ſich ſelbſt zurücklaufend werden, und der ſchwere Körper wird um die Erde herum eine Centralbewegung haben. Wirklich iſt auch die Bewegung, welche der Mond um die Erde, und alle Trabanten um ihre Hauptplaneten, ſo wie dieſe um ihre Sonne, haben, eine wahre Centralbewegung, und eine Folge derſelbigen ſtetigen Kraft, welche die krummlinige Bahn der geworfenen ſchweren Körper auf unſerer Erde hervorbringt, nämlich der Gravitation. Die Schwere iſt die ſtetig wirkende Centripetalkraft, und die Kraft des Wurfs, welche die ſchweren Welten von der Richtung dieſer Centripetalkraft nach der Tangente abzulenken ſtrebte, die Tangentialkraft oder Schwungkraft. Dieſe letztere iſt alſo nicht Folge der Trägheit; denn weil Trägheit keine Kraft iſt, ſo wird ſie auch kein Vermögen haben, die ſchwere Welt von der Richtung der ihr inhärirenden Kraft der Schwere abzulenken. Um alſo die Centralbewegung der Himmelskörper zu erklären, dürfen wir annehmen, daß ſie entweder nach der Richtung der Tangente zuerſt durch irgend eine Kraft in Bewegung geſetzt worden wären, und daß die nachher hinzugekommene Schwere ſie von jener Richtung nun ſtetig ablenke; oder daß die gravitirenden Himmelskörper durch eine projectile Kraft nach der Tangente ihrer Bahn mit einer determinirten

minirten Geſchwindigkeit in Bewegung geſetzt wurden. So läßt ſich denn auch die Frage leicht löſen, ob die Schwungkraft Folge der Trägheit, oder ob ſie eine eigene Kraft ſey.

Daß es denkbar ſey, daß die Bahn geworfener Körper zu einer in ſich ſelbſt zurücklaufenden Linie, und nicht etwa zu einer Spirallinie werde, die dem Mittelpuncte immer näher komme, läßt ſich leicht beweiſen. Jede Geſchwindigkeit nach der Richtung der Wurfkraft kann durch die Größe der Tangente ausgedrückt werden, wie z. B. (Fig. 39.) durch Ab, und die Schwerkraft, die nach einem Mittelpuncte, wie nach C, wirkt, durch Ac = bi. Wenn alſo der ſchwere Körper aus A gegen T zu geworfen wird, ſo wird er in eben der Zeit, da er Ab durchläuft, zu gleicher Zeit von der Tangente durch die Schwere um bi oder Ac abgezogen, und alſo in eben der Zeit, als er nach der Kraft des Wurfs allein Ab durchlaufen würde, vermöge der zuſammengeſetzten Bewegung den Bogen Ai beſchreiben; von da würde er in der folgenden gleich großen Zeit, ohne die Schwere, nach der Tangente bis t fortgehen; treibt ihn aber die Schwere ununterbrochen gegen C, und wird dieſe Kraft, während daß er in i iſt, durch tn = io ausgedrückt, ſo wird er vermöge dieſer zuſammengeſetzten Bewegung in eben dieſer Zeit den Bogen in beſchreiben; er würde in der dritten Zeit von n gleichförmig nach q fortgehen, wenn die Schwere nicht wäre, wenn nämlich nq = ni geſetzt wird, da aber die Schwere in n ihn zu gleicher Zeit durch np = qr führt, ſo wird er in eben dieſer Zeit durch nr geführt, und ſo weiter. Weil die Centripetalkraft immer wächſt, ſo wie die Diſtanzen Ci, Cn, Cr abnehmen, ſo wird auch der geworfene Körper immer näher gegen C zu kommen, bis er an den unterſten Punct E gelangt iſt; aber von da an wird er ſich nicht mehr C nähern, ſondern davon ab- und wieder nach A zurückgehen. Aus der Lehre von der Centralbewegung (§. 101. 1) iſt bekannt, daß die Drenecke AiC, inC, nrC gleichen Inhalts ſind, und eben ſo auch tEC, deſſen Bogen der geworfene Körper an der unterſten Stelle durchläuft. An dieſer Stelle der krummlinigen Bahn iſt die Centripetalkraft am größeſten, und ſey durch Em ausgedrückt, und verhalte ſich gegen Ac umgekehrt wie die Quadrate der Entfernungen vom Mittelpuncte der Gravitation, oder wie $AC^2 : CE^2$. Der Körper würde aus E nach o gleichförmig fortgehen, in eben der Zeit, da er tE beſchrieben hat, wenn die Schwere in E zu wirken aufhörte; ſie zieht ihn aber um Em = oh nach C zu, daher legt er in eben dieſer Zeit den Bogen Eh zurück; von h würde er in der folgenden gleich großen Zeit durch ht weggehen, wenn ihn nicht während dieſer Zeit die Schwere nach C ablenkte, und ihn am Ende dieſer Zeit bis s zurückgebracht hätte; u. ſ. f.

Aus

Aus den Richtungen Eo, ht erhellet, daß, wenn der geworfene Körper in E angelangt iſt, er von da an keineswegs gegen C zu immer mehr näher komme, ſondern daß er vielmehr, weil er in den Puncten E, h, s, G eben dieſelbige Centripetalkraft hat, als in den correſpondirenden Puncten der gegen über ſtehenden Hälfte, eben ſo nach A zurückkehrt, als er ſich von da aus entfernte.

Man nehme nun an, daß die Kraft des Wurfes Ab dieſelbige bleibe, das Verhältniß der Centripetalkraft oder der Schwere aber größer als Ac, und durch Ad = be ausgedrückt werde, ſo wird der Körper durch die vereinigte Wirkung beyder Ae durchlaufen. Wird die Schwerkraft noch größer, nämlich = Ag, ſo wird er in eben der Zeit, da er ohne Schwere Ab durch die Kraft des Wurfes zurücklegen würde, den Bogen Af durch die gemeinſchaftlichen Wirkungen durchlaufen. So wie er durch Ab und Ac die Centralbewegung AFEG hat, ſo wird er durch Ab und Ad, oder durch Ab und Ag, die von AHDI oder AKBL u. ſ. w. haben.

Scherffer inſtitutiones phyſicae, P. II. Vindob. 1763. 8. S. 35. ff.

§. 271. Wir können nun von den bisher vorgetragenen Geſetzen der Schwere Anwendung machen auf Centralbewegungen (§. 101.), bey welchen die Schwere als Centripetalkraft wirkt, und ſo auch auf die wichtige Lehre von der Bewegung der Himmelskörper.

1) Wenn ein ſchwerer ruhender Körper von der Richtung der Schwere, die auch zur Zeit der Ruhe eben ſo gut in ihm wirkſam iſt, als zur Zeit der Bewegung, und ſeinen Druck hervorbringt, abgelenkt und z. B. nach einer horizontalen Richtung geworfen oder geſtoßen werden ſoll, ſo wird dazu Kraft erforderlich ſeyn, und der ruhende ſchwere Körper wird Widerſtand leiſten (§. 102.). Es iſt leicht begreiflich, daß, wenn der ſchwere Körper noch einmal ſo viel ſchwere Maſſe hat, als ein anderer, noch einmal ſo viel Kraft erforderlich ſeyn werde, um ihn mit eben der Geſchwindigkeit in eben der Richtung zu werfen; nicht, weil dieſe doppelt ſo ſchwere Maſſe doppelt ſo viel Trägheit habe, und durch dieſelbe doppelt ſo viel Widerſtand leiſte, ſondern weil ihre bewegende Kraft oder ihr Gewicht, mit dem ſie nach der Richtung der Schwere drückt, doppelt ſo groß iſt. Wenn nun zwey ſchwere Körper von ungleicher ſchwerer Maſſe in eine Centralbewegung geſetzt, und ihre Geſchwindigkeit, ſo wie ihr Abſtand vom Mittelpuncte der Kräfte, gleich angenommen werden, ſo wird die Centrifugalkraft in dem Körper von größerer ſchwerer Maſſe größer ſeyn, als in dem von kleinerer ſchwerer Maſſe; und es wird folglich eine größere Centripetalkraft erfordern, um

die größere Maſſe in gleicher Bahn mit gleicher Geſchwindigkeit und bey gleichem Abſtande vom Centro zu erhalten.

Wenn wir die ſchweren Maſſen P, p, und die Centripetalkraft G, g, nennen, ſo iſt, alles gleich geſetzt,

$$G : g = P : p.$$

Es habe nämlich der Körper A von doppelt ſo viel ſchwerer Maſſe, als B, mit dieſem bey gleichem Abſtande vom Centro und bey gleicher Umlaufszeit eine Centralbewegung. Der Körper A iſt = 2 B; in jedem von dieſen angenommenen B aber iſt die Centrifugalkraft gleich der in dem eigentlichen B, folglich iſt die Centrifugalkraft von A zu der in B wie das Gewicht oder die ſchwere Maſſe von A zu dem von B

Wenn daher Waſſer und Queckſilber in einer gegen den Horizont geneigten Röhre eingeſchloſſen ſind, und im Kreiſe herum bewegt werden, ſo wird dabey das Queckſilber höher ſtehen, und weiter vom Centro entfernt ſeyn, als das Waſſer.

Eben hieraus läßt ſich auch erklären, warum bey dem Kornſiebe die ſchwerern Körner nach der Peripherie zu, die leichtere Spreu näher nach dem Mittelpuncte des Siebes geſammelt werden.

Muſchenbroek §. 730. *Kraſt* praelect. phyſ. I. §. 198.

2) Aus der Verbindung dieſes Satzes mit dem oben bey der Centralbewegung S. 65. n. 16. angeführten folgt der allgemeinere für die Centralbewegung ſchwerer Körper: Die Centralkräfte ſind in einem zuſammengeſetzten Verhältniſſe aus dem geraden der ſchweren Maſſen und der Entfernungen vom Mittelpuncte, und dem umgekehrten des Quadrats der Umlaufszeiten.

Wenn die Centralkräfte G, g, die ſchwere Maſſe P, p, die Abſtände vom Mittelpuncte D, d, und die Umlaufszeiten T, t, heißen, ſo iſt

$$G : g = \frac{PD}{T^2} : \frac{pd}{t^2}.$$

Wenn alſo P = p, ſo iſt $G : g = \frac{D}{T^2} : \frac{d}{t^2}$, wie oben (S. 65. n. 16.), und ferner $D : d = GT^2 : gt^2$; und wenn G = g, und P = p, ſo iſt die Geſchwindigkeit oder $V : v = \sqrt{D} : \sqrt{d} = T : t$, und $V^2 : v^2 = D : d$. Ferner wenn P = p, und T = t, ſo iſt G : g = D : d (ſ. oben S. 64 n. 13.); und wenn T = t, ſo iſt G : g = PD : pd.

Wenn nun $G : g = \frac{1}{D} : \frac{1}{d}$, ſo iſt T : t = D : d und V = v; ferner, wenn T = t, und $P : p = \frac{1}{D} : \frac{1}{d}$, ſo iſt G = g.

Endlich, wenn P = p, und D = d, ſo iſt $G : g = \frac{1}{T^2} : \frac{1}{t^2}$.

Van Swinden I. S. 135. §. 362.

3)

3) Wenn die Quadrate der Umlaufszeiten ſich verhalten wie die Würfel der Entfernungen vom Mittelpuncte der Kräfte, und die ſchweren Maſſen gleich ſind, ſo ſind die Centralkräfte im umgekehrten Verhältniſſe des Quadrats der Entfernungen.

Wenn alſo $T^2 : t^2 = D^3 : d^3$, ſo iſt $G : g = \frac{1}{D^2} : \frac{1}{d^2} = d^2 : D^2$.

Nach dem oben (S. 65 u. 16.) Angeführten war $G : g = \frac{D}{T^2} : \frac{d}{t^2}$; ſubſtituiren wir nun hier, nach der Vorausſetzung, für T^2 und t^2, D^3 und d^3, ſo iſt $G : g = \frac{D}{D^3} : \frac{d}{d^3} = \frac{1}{D^2} : \frac{1}{d^2} = d^2 : D^2$.

4) Wenn die ſchweren Maſſen ungleich ſind, ſo ſind, in dem eben angeführten Falle (3), die Centralkräfte im geraden Verhältniſſe der Maſſen und im umgekehrten des Quadrats der Entfernungen vom Mittelpuncte der Kräfte.

Dies folgt aus der Verbindung des zweyten und dritten Satzes: und iſt diesemnach

$$G : g = \frac{P}{D^2} : \frac{p}{d^2}.$$

5) Wenn ein ſchwerer Körper in einem Kreiſe mit eben ſo großer Geſchwindigkeit bewegt wird, als er durch den freyen Fall aus der Höhe des vierten Theils des Durchmeſſers, oder der Hälfte des Radius des Kreiſes erhalten würde, ſo iſt ſeine Centrifugalkraft der Schwere gleich. Wäre der Körper an einem Faden geſpannt, und würde er im horizontalen Kreiſe bewegt, ſo würde er jenen eben ſo ſpannen, als wenn er frey daran herabhinge.

Der Körper werde in einem horizontalen Kreiſe (Fig. 40.) bewegt. Die Tangente BD ſey gleich dem Radius AB. Jener bewegt ſich, nach der Vorausſetzung, in der Circumferenz des Kreiſes mit einer Geſchwindigkeit, welche er durch den ſenkrechten Fall $CB = \frac{1}{2} AB$ erlangen würde. Die durch dieſen Fall erlangte Geſchwindigkeit würde ihn in eben der Zeit durch den doppelten Raum von CB, oder durch BD gleichförmig führen (§. 217.) Wenn er alſo in B losgelaſſen würde, ſo würde er in eben dieſer Zeit den Raum BD gleichförmig zurücklegen. Man nehme von BD irgend einen kleinen Theil BE, und ziehe durch das Centrum des Kreiſes die gerade Linie EAH, die den Kreis in F ſchneidet. Es ſey ferner $DB^2 : BE^2 = CB : CG$. Wenn wir alſo die Zeit, in welcher der Körper mit beſchleunigter Geſchwindigkeit durch CB fällt, durch die Linie BD ausdrücken können, ſo wird BE die Zeit der beſchleunigten Bewegung durch CG ausdrücken, weil die Räume, welche ſchwere Körper bey dem Falle durchlaufen, den Quadraten der Zeiten proportional ſind. In der Zeit nämlich, in welcher der ſchwere Körper mit beſchleunigter Geſchwindigkeit aus C in B fällt, kann er mit der in B erhaltenen Endgeſchwindigkeit bey der gleichförmigen Bewegung 2CB, das iſt, BD, durchlaufen. Die Zeit, in der er BD gleichförmig durch-

durchläuft, iſt zu der durch BE, wie BD zu BE. Weil ſich nun die Quadrate dieſer Zeiten verhalten wie die Räume, welche ſchwere Körper herabfallen, ſo iſt $BD^2 : BE^2 = CB : CG$. Es würde alſo der Raum CG mit der bey dem Falle beſchleunigten, und BE mit der gleichförmigen Geſchwindigkeit, die der Körper in der Kreisbewegung hat, in gleicher Zeit beſchrieben werden. Wenn ferner der Körper in B von der Centripetalkraft losgelaſſen würde, ſo würde er in E mit gleichförmiger Geſchwindigkeit in eben der Zeit ankommen, als der Punct B der Circumferenz in F anlangt, weil wir BE für den Bogen BF gleichgeltend nehmen können, indem BE unendlich klein angenommen wird. Wir können alſo ſagen, daß der Körper eine Fliehkraft habe, um von dem Puncte B durch den Raum FE in der Zeit zu gehen, in der er mit der Geſchwindigkeit ſeiner Kreisbewegung durch den Raum BE gleichförmig gehen würde, d. h., in der Zeit, in der er bey dem Falle durch CG mit beſchleunigter Geſchwindigkeit gehen würde. Wenn alſo erwieſen iſt, daß die Räume EF und CG gleich ſind, ſo wird auch erwieſen ſeyn, daß die Fliehkraft, oder das Beſtreben des Körpers, in der Kreisbewegung vom Faden mit beſchleunigter Bewegung fortzugehen, dem Beſtreben deſſelben zum Sinken, das er durch ſeine Schwere hat, gleich ſey, weil dieſes Beſtreben der beſchleunigten Bewegung dann gleich iſt, wenn durch dieſe in gleichen Zeiten gleiche Räume zurückgelegt werden. Daß aber $CG = FE$ ſey, wird auf folgende Art bewieſen: Es iſt $HE : EB = EB : EF$, oder $HF : FB = FB : FE$ und $BF = EB$, weil BE klein genug angenommen wird. Alſo iſt $HE^2 : EB^2 = HE : EF$, oder $HE^2 : HE = EB^2 : EF$. Da wir den Bogen BF klein genug annehmen, ſo können wir auch $HE = HF$ ſetzen. Nehmen wir nun den vierten Theil der erſten Glieder der Proportion, wodurch das Verhältniß nicht verändert wird, ſo iſt $\frac{HE^2}{4} : \frac{HE}{4} = EB^2 : EF$, oder $\frac{HE^2}{4} = AF^2$, und $\frac{HE}{4}$ oder $\frac{HF}{4} = BC$; es iſt alſo $AF^2 : BE^2 = BC : EF$; da nun $AF^2 = BD^2$, ſo iſt $BD^2 : BE^2 = BC : EF$. Es war aber nach der Conſtruction $BD^2 : BE^2 = BC : CG$; es iſt alſo $BC : CG = BC : EF$, und alſo $EF = CG$.

Huygens de vi centrifuga, in ſeinen operib. poſth. S. 118. *Muſchenbroek* §. 736.

Es läßt ſich hieraus erklären, warum aus einem mit Waſſer gefüllten offenen Gefäße, wenn es vermittelſt eines Stricks im verticalen Kreiſe mit einer gewiſſen Geſchwindigkeit umhergeſchwungen wird, nichts herauslaufe, wenn gleich das Gefäß, wenn es in das Zenith ſeines Kreislaufs gekommen iſt, mit ſeiner Oeffnung ſenkrecht auf dem Horizonte ſteht.

Ferner läßt ſich hieraus beweiſen, daß ein Körper auf dem Aequator der Erde 17mal geſchwinder bewegt werden müſſe,

müſſe, als die Erde um ihre Achſe, wenn er eine Fliehkraft erhalten ſoll, die der Schwere gleich iſt. Denn nach dem eben vorgetragenen Satze müßte die Geſchwindigkeit der Umdrehung der Erde ſo groß ſeyn, als die zu der Fallhöhe aus dem halben Erdhalbmeſſer $\left(\frac{R}{2}\right)$ der Erde gehörige Geſchwindigkeit, wenn die Fliehkraft der Schwere gleich ſeyn ſollte. Die zu dieſer Höhe gehörige Geſchwindigkeit aber iſt (§. 223.) $250\sqrt{\frac{R}{2}} = 125\sqrt{2R}$. Nach Piccards Meſſung iſt der Erdhalbmeſſer 19615791 pariſ. Fuß = 20302343 rheinl. Fuß. Da wir für R Tauſendtheilchen des rheinl. Fußes nehmen müſſen, ſo finden wir für $125\sqrt{2R} = 25188250$, oder die zu der Fallhöhe aus dem halben Erdhalbmeſſer gehörige Geſchwindigkeit iſt ſo groß, daß der darin begriffene Körper 25188250 Tauſendtheilchen des rheinländiſchen Fußes in jeder Secunde gleichförmig durchlaufen würde. Bey der Umdrehung der Erde um ihre Achſe hingegen durchläuft jeder Punct auf dem Aequator in einer Secunde 1426,5 pariſ. Fuß = 1476,427 rheinl. Fuß, oder 1476427 Tauſendtheilchen des rheinl. Fußes; folglich iſt die Geſchwindigkeit, die zur Fallhöhe aus dem halben Radius der Erde gehört, zur Geſchwindigkeit der Umdrehung der Erde wie 25188250 : 1476427, oder faſt wie 17 : 1.

6) Die ſchönſte und erhabenſte Anwendung der Lehre von der Centralbewegung und Schwere iſt die auf unſer Planetenſyſtem. Die Uebereinſtimmung derſelben mit den Phänomenen des letztern gewährte die völligſte Ueberzeugung von der Richtigkeit und Wahrheit der Copernicaniſchen Weltordnung. Die Sonne ſteht im Centro unſeres Planetenſyſtems; um ſie bewegen ſich die Hauptplaneten, mit ihren Trabanten oder Monden. Kepler entdeckte nun, was die nachfolgenden Beobachtungen ſtets beſtätigt haben: 1) daß die Planeten nicht in Kreiſen, ſondern in Ellipſen um die Sonne laufen, in deren einem Brennpuncte die Sonne ſteht; 2) daß die Planeten mit dem aus der Sonne nach ihnen gezogenen Radius vector Flächenräume durchlaufen, die den Zeiten proportional ſind, (ſ. oben S. 60. n. 1.) *); und 3) daß die Quadrate der Umlaufszeiten der Planeten ſich verhalten wie die Würfel der mittlern Entfernung von der Sonne **). Die Beobachtungen lehren ferner, daß die Nebenplaneten oder Monde um ihre Hauptplaneten dieſelbigen Geſetze befolgen, als die letztern um die Sonne; und endlich, daß ſogar die Kometen in ihren ſehr länglichen elliptiſchen Bahnen dieſen Geſetzen unterworfen ſind. Newton machte die erhabene Anwendung der Geſetze der Schwere auf die Bewe-

*) *Io. Kepleri* Aſtronomia nova αἰτιολογητος, ſ. phyſica caeleſtis tradita commentariis de motibus ſtellae Martis. Prag. 1609. Fol.

**) *Io. Kepleri* epitome aſtronomiae Copernicanae, Lincii 1618. 8. Harmonicae mundi libri V. Linc. 1619. Fol.

Bewegung der Himmelskörper. Er bewies, was die Verglei-chung der Beobachtungen mit der Theorie völlig beſtätigt: 1) daß die Planeten in ihren Bahnen durch eine Kraft zurückgehalten werden, die bey den Hauptplaneten gegen die Sonne, bey den Nebenplaneten gegen den Hauptplaneten gerichtet iſt, um den ſie ſich bewegen; 2) daß dieſe Centripetalkraft, welche die Planeten in ihren Bahnen erhält, im umgekehrten Verhältniſſe des Quadrats der Entfernungen von der Sonne ſey, oder von dem Hauptplaneten, wenn von Nebenplaneten die Rede iſt; 3) daß auch dies von den Kometen gelte, die in ſehr länglichen Ellipſen ſich um die Sonne bewegen; und 4) daß die Kraft, die alle und jede Planeten und Kometen um die Sonne, und die, welche die Trabanten um ihre Hauptplaneten treibt, eine und dieſelbige ſey. Er bewies, 5) daß die Kraft, die die Planeten in ihren Bahnen erhält, wie die Schwe-re, eine gleichförmig beſchleunigende Kraft ſey, und zeigte zuerſt an dem Monde, daß die Kraft, die ihn in ſeiner Bahn um die Er-de erhält, die Schwerkraft gegen die Erde ſey. Es ſey (Fig. 14.) A der Mond, der um die Erde C getrieben wird, und der um dieſelbe eine Centralbewegung hat. Die Centrifugalkraft ſucht ihn beſtändig von ſeiner Bahn AGFE abzulenken, und die Cen-tripetalkraft gegen C hält ihn ſtetig darin zurück. Der mittlere Abſtand CA, oder der Halbmeſſer der Mondsbahn, beträgt etwa 60 Erdhalbmeſſer, wovon wir jeden nach Piccard auf 19615791 pa-riſ. Fuß ſetzen wollen. Die Umlaufszeit des Mondes um die Erde iſt nahe 27 Tage 7 Stunden 43 Minuten, oder 39343 Minuten. Er durchläuft alſo in einer Minute einen Bogen Ab (Fig. 11.), der $\frac{360}{39343}$ Grade, oder nahe 33″ beträgt. Man weiß das Verhält-niß der Centripetalkraft Aa zum Radius AC, wenn man das Verhältniß des Querſinus Aa des Bogens Ab von 33″ zum Ra-dius hat. Dies letztere iſt = 12798 : 1000000000000. Dies iſt alſo das Verhältniß der Centripetalkraft, die den Mond binnen einer Minute von der geradlinigen Bahn ſeiner Tangente ablenkt, zum Halbmeſſer ſeiner Bahn. Da nun der Mond etwa 60 Erd-halbmeſſer, oder 1176947460 pariſ. Fuß von dem Mittelpuncte der Erde abſteht, ſo iſt Aa, oder die Kraft, mit welcher der Mond gegen den Mittelpunct der Erde binnen einer Minute zu ſtrebt, $= \frac{12798 \cdot 1176947460}{1000000000000} = 15{,}052$ pariſ. Fuß; und folg-lich eben ſo viel, als ob ein ſchwerer Körper in A binnen einer Mi-nute mit einer Beſchleunigung von 15,052 Fuß fiele. Wenn ſich nun die Schwerkraft umgekehrt verhält wie das Quadrat der Entfernungen, ſo muß die Schwerkraft des Mondes gegen die Erde, da er 60 Erdhalbmeſſer vom Centro der Erde abſteht, 60^2 mal geringer, oder $\frac{1}{3600}$ der Beſchleunigung der Schwere an der Oberfläche ſeyn; und weil ſich die von ſchweren Körpern bey dem Falle durchlaufenen Räume verhalten wie die Quadrate der Zeiten, ſo muß $1 : 60^2 = 15{,}052 : x$ die Wirkung der Schwere auf der Oberfläche der Erde binnen einer Minute ſeyn. x oder $60^2 \cdot 15{,}052$ F. kommt auch mit der aus andern Erfahrungen gefunde-nen Beſchleunigung der Schwere an der Erdfläche ſo ziemlich und wenigſtens ſo überein, als man es in ſolchen Fällen nur erwar-ten kann, zumal da das angeführte Maaß des Halbmeſſers der Mondsbahn wirklich größer iſt, als wir es hier angenommen ha-

ben,

ben, und der Mond nicht mit ſeiner ganzen Centripetalkraft gegen die Erde wirkt, ſondern ein Theil davon durch die Wirkung gegen die Sonne aufgehoben wird. Es iſt alſo die Gravitation unſerer ſchweren Körper zu der Gravitation des Mondes gegen die Erde, wie $60^2 : 1$, oder wie das Quadrat der mittlern Entfernung des Mondes vom Mittelpuncte der Erde zum Quadrate der Entfernung der Körper auf der Fläche der Erde von ihrem Mittelpuncte.

Hieraus zog nun Newton den Schluß; 1) daß die Centripetalkraft des Mondes eben ſo gegen die Erde wirke, als die irdiſche Schwerkraft; 2) daß ſie mit dieſer einerley ſey; und 3) daß die Schwere im umgekehrten Verhältniſſe des Quadrats der Entfernungen ſtehe. Er machte weitere Anwendungen für die Planeten und ihre Trabanten, und ſtützte darauf das Syſtem der allgemeinen Schwere oder Gravitation, das ſeinen Namen unſterblich gemacht hat. 4) Daß die Kraft, die alle Planeten, ſo wohl die Hauptplaneten als die Nebenplaneten, und dann auch die Kometen in ihren Bahnen erhält, einerley ſey mit der Schwere, und nach denſelbigen Geſetzen wirke, als dieſe auf der Erde; und daß alle Planeten und Kometen gegen die Sonne, die Nebenplaneten aber gegen ihre Hauptplaneten und gegen die Sonne, nach eben denſelbigen Geſetzen gravitirten, oder ſchwer wären, oder angezogen würden, als die irdiſchen Körper gegen die Erde.

Iſaac Newton philoſophiae naturalis principia mathematica. Londini 1687. 4.

La Lande aſtronomie, §. 999.

7) Newton blieb hierbey nicht ſtehen, ſondern machte von ſeinen ſchönen Entdeckungen noch weitere, ſehr ſinnreiche Anwendungen zur Beſtimmung der beſchleunigenden Kraft der Schwere auf der Oberfläche der Planeten, des Verhältniſſes der ſchweren Maſſe derſelben, und der Dichtigkeit dieſer Maſſe; wovon ich hier nur kurz die Reſultate anführen will.

Die Schwere (g) auf der Oberfläche eines Hauptplaneten verhält ſich wie die Schwere (G) ſeines Trabanten gegen ihn, multiplicirt durch das Quadrat des mittlern Abſtandes (D) dieſes Trabanten, und dividirt durch das Quadrat des Halbmeſſers (R) des Hauptplaneten; oder wie der Würfel des mittlern Abſtandes des Trabanten dividirt durch das Quadrat ſeiner Umlaufszeit (T) und das Quadrat des Halbmeſſers des Hauptplaneten. Es iſt alſo

$$g = \frac{GD^2}{R^2} \text{ oder } g = \frac{D^3}{T^2\, R^2}.$$

Die Sonne kann hierbey für einen Hauptplaneten; die Hauptplaneten aber können für ihre Trabanten gehalten werden.

Muſchenbroek §. 743. *Van Swinden* I. S. 154. §. 420.

8) Die ſchweren Maſſen der Planeten (P, p) verhalten ſich wie die Würfel der mittlern Entfernungen (D, d) von ihren Trabanten, dividirt durch die Quadrate der Umlaufszeiten dieſer Trabanten, oder

P

$$P : p = \frac{D^3}{T^2} : \frac{d^3}{t^2}.$$

9) Aus der Anwendung dieſes Satzes (8) auf den vorigen (7) folgt dann auch, daß die Schwere auf der Oberfläche eines Planeten ſich verhalte wie die ſchwere Maſſe deſſelben, dividirt durch das Quadrat ſeines Halbmeſſers, oder

$$g = \frac{P}{R^2}.$$

10) Endlich die Dichtigkeit (Δ) der ſchweren Maſſe eines Hauptplaneten, verhält ſich wie der Würfel der mittlern Entfernung ſeines Trabanten dividirt durch das Quadrat der Umlaufszeit dieſes Trabanten, und den Würfel des Halbmeſſers des Planeten (R); oder kürzer, ſie verhält ſich wie die Schwere auf der Oberfläche des Planeten, dividirt durch ſeinen Halbmeſſer.

$$\Delta = \frac{D^3}{T^2 . R}; \text{ oder } \Delta = \frac{g}{R}.$$

La Lande aſtronomie, §. 1018. 1022.

11) Außer den angeführten Bewegungen der Planeten und Kometen um ihre Sonne, und der Trabanten um ihren Hauptplaneten, ſind noch als Folgen der allgemeinen Gravitation anerkannt und erwieſen: 1) die Ebbe und Fluth, wovon, als einem irdiſchen Phänomene, die weitere Erklärung noch vorkommen wird, 2) die Ungleichheit des Mondslaufes, 3) das Vorrücken der Nachtgleichen, 4) das Wanken der Erdachſe, 5) die Perturbationen des Laufes der Planeten, 6) der ungleiche Lauf der Kometen, 7) das Abnehmen der Schiefe der Ecliptik, 8) die Bewegung der Apſidenlinien aller Planeten, 9) die Bewegung aller Knotenlinien, 10) die Ungleichheiten des Laufes der Jupitersmonden, und 11) die Rotation des Ringes vom Saturn; deren nähere Beſtimmung und Erklärung für die Aſtronomie gehört. So iſt alſo der Nutzen der Kenntniß des allgemeinen Geſetzes der Gravitation von dem ausgebreitetſten Umfange, und im Grunde die Baſis der neuern Aſtronomie.

La Lande aſtronomie §. 999.

12) Durch die Umdrehung der Planeten um ihre Achſe erhalten die Theile ihrer Maſſe eine Fliehkraft, deren Richtung auf der Achſe der Umdrehung ſenkrecht iſt, die daher unter dem Aequator am größeſten ſeyn, gegen die Pole zu abnehmen, und in dieſen endlich ganz verſchwinden muß. Dieſe Fliehkraft verhält ſich unter dem Aequator der Erde zur Schwere daſelbſt, wie 1 : 289.

Es ſey (Fig. 41.) Bb ein Bogen, der unter dem Aequator binnen einer Zeitſecunde durchlaufen wird, und welcher 15 Secunden beträgt. Der Halbmeſſer des Aequators TB, der nach Bouguer 19681717,3 pariſ. Fuß beträgt, verhält ſich zu Cb, oder der Fliehkraft, wie der Radius von 10000000000000 zum Querſinus des Bogens von 15 Secunden, der binnen einer Zeitſecunde durchlaufen wird, oder zu

2644. Cb beträgt alſo $\frac{19681717,3.2644}{1000000000000}$ Fuß = 0,052038.. Fuß oder 7,496 Linien. Der Raum bd hingegen, der durch die Schwere binnen einer Secunde unter dem Aequator durchlaufen wird, iſt nach der Berechnung von §. 264. aus der Pendullänge unter dem Aequator (§. 262), 2167,414 Linien. Folglich verhält ſich die Fliehkraft zur Schwere unter dem Aequator wie 7,496 Linien : 2167,414 Lin., oder wie 1 : 289.

Nach einer allgemeinen Regel beſtimmt man die Fliehkraft unter dem Aequator eines Planeten nach folgender Formel Die Fliehkraft (z) verhält ſich zur Schwere (g) daſelbſt, wie der Cubus des Halbmeſſers (R) des Planeten mit dem Quadrate der Umlaufszeit (T) ſeines Trabanten multiplicirt zu dem Cubus der mittlern Entfernung des Trabanten (D) mit dem Quadrate der Umdrehungszeit (τ) des Planeten um ſeine Achſe, oder $z : g = R^3 . T^2 : D^3 . \tau^2$.

Van Swinden I. S. 157. §. 431.

13) Dieſe Fliehkraft vermindert die Schwerkraft, und zwar am mehreſten unter dem Aequator, weil ſie hier der Richtung der Schwere gerade entgegengeſetzt iſt; weniger in größern Breiten nach den Polen zu, weil ſie hier ſchief der Schwerkraft entgegen wirkt, und alſo nur ein Theil von ihr der letztern direct entgegen iſt. Dieſer Theil iſt deſto kleiner, je mehr der Sinus des Complements der Breite kleiner iſt, als der Sinus totus. Ueberhaupt iſt die Verminderung, welche die Schwerkraft an verſchiedenen Orten von der Fliehkraft erleidet, zu der, die ſie unter dem Aequator erfährt, wie das Quadrat des Coſinus der Breite des Orts zum Quadrate des Halbmeſſers der Erde.

La Lande aſtron. §. 459. Vergl. mit §. 261. 2.

14) Weil die Erde eine ſphäroidiſche Geſtalt hat, und an den Polen abgeplattet iſt, ſo wird ein ſchwerer Körper unter dem Aequator, auch noch aus dieſer Urſach, unabhängig von der Fliehkraft, wegen der größern Entfernung vom Mittelpuncte der Erde, eine geringere Beſchleunigung haben, als gegen die Pole zu (6). Die Länge des einfachen Secundenpenduls wird daher, auch nach der Berichtigung wegen der Fliehkraft, unter dem Aequator kleiner ſeyn, als in den größern Breiten nach den Polen zu (§. 262.). Dennoch können auch noch andere Urſachen dazu beytragen.

Vier=

Viertes Hauptſtück.

Phänomene ſchwerer feſter Körper.

Schwerpunct feſter Körper.

§. 272.

Man nehme einen dünnen platten Körper von regelmäßiger Geſtalt und ſchiebe ihn auf einer Spitze hin und her, ſo wird man endlich einen Punct finden, in welchem der Körper auf der Spitze ruhet, und durch deſſen Unterſtützung der Körper vor dem Fallen auf jeder Seite bewahrt wird.

§. 273. Dieſer Punct heißt der **Schwerpunct** oder der **Mittelpunct der Schwere** (Centrum gravitatis). Wenn drey ſchwere Puncte in gerader Linie neben einander, durch Cohäſion mit einander verbunden ſind, ſo ſieht man leicht ein, daß die ſenkrechte Unterſtützung des mittlern ſie alle vor dem Falle ſichern wird, wenn die Cohäſion der Puncte zur Seite des unterſtützten durch ihr Gewicht nicht getrennt werden kann. Der ſchwere Punct dieſſeits und jenſeits des unterſtützten drückt gleich ſtark nach unten, es kann daher keiner eher ſinken, als der andere, und durch die Cohäſion wird er verhindert, ſich loszureißen vom unterſtützten. Es bleibt daher das ganze Syſtem unterſtützt. Ferner leidet die Unterſtützung eben ſo viel

Druck, als wenn auf ſie ein Gewicht drückte, das der Summe des Gewichts aller ſchweren Theile gleich wäre. Es iſt alſo eben ſo gut, als ob die Schwere aller einzelnen Theile, oder ob das ganze Gewicht des Syſtems im unterſtützten Puncte vereinigt wäre. Eben deswegen nennt man ihn den **Schwerpunct**. Es iſt leicht einzuſehen, daß das, was ich von drey in einer geraden Linie verbundenen ſchweren Puncten angeführt habe, auch von zweyen gelte, wenn ſie in der Mitte der geraden Linie, die ſie bilden, ſenkrecht unterſtützt werden; und daß, wenn eine gewiſſe Anzahl ſchwerer Puncte des feſten Körpers einen gemeinſchaftlichen Schwerpunct haben, auch die um Eins größere Anzahl einen gemeinſchaftlichen Schwerpunct haben werde, folglich auch bey vier, fünf, ſechs, u. ſ. w. ſchweren Puncten derſelbe angenommen werden könne. Kurz, in jedem feſten Körper läßt ſich ein Punct annehmen, um welchen herum alle Körpertheilchen auf der einen Seite ſo viel Gewicht haben, als die auf der entgegengeſetzten Seite, und dieſer gemeinſchaftliche Schwerpunct liegt ſo, daß, wenn alle Körpertheilchen, die auf der einen Seite liegen, durch ihre Entfernungen davon multiplicirt werden, die Summe dieſer Producte gleich iſt der Summe ähnlicher Producte für die Theilchen auf der andern Seite deſſelben.

§. 274. Wenn die ſchwere Maſſe eines Körpers durch ſeinen ganzen Raum gleichförmig verbreitet iſt, ſo haben gleich große Theile deſſelben auch gleiches Gewicht, und der **Mittelpunct der Größe** oder der

Figur

Figur des Körpers wird dann auch ſein Schwerpunct ſeyn. Der Mittelpunct einer ſolchen Kugel wird alſo ihr Schwerpunct ſeyn; bey einem Cylinder und bey einem geraden Prisma wird er in der Mitte der Achſe liegen. Sehr dünne Scheiben kann man als ſchwere Ebenen betrachten, die es freylich im geometriſchen Sinne nicht geben kann. In dieſem Sinne kann man von dem Schwerpuncte eines Dreyecks, eines Kreiſes, und dergl. reden. Wenn man aus zwey Winkeln eines Dreyecks auf die Mitte der gegen über ſtehenden Seitenlinien gerade Linien zieht, ſo iſt der Durchſchnittspunct dieſer Linien der Schwerpunct des Dreyecks; und wenn man aus irgend einem Winkel eines Dreyecks eine gerade Linie auf die Mitte der gegen über ſtehenden Seitenlinie zieht, ſo liegt der Schwerpunct in dieſer Linie $\frac{2}{3}$ von dem Winkel entfernt, aus dem man die Linie zog (Fig. 27.). In einer Pyramide und in einem Kegel liegt der Schwerpunct in der Achſe, und zwar in der Entfernung von $\frac{3}{4}$ derſelben von der Spitze; in einer Halbkugel $\frac{3}{8}$ in der Höhe der ſenkrechten Linie aus dem Mittelpuncte der Grundfläche gezogen.

Karſtens Lehrbegriff der geſammten Mathematik, 1 Th. I. B. II. S. 49. ff.

§. 275. Wenn ein gerader Cylinder, ein gerades Prisma, eine gerade Pyramide, oder ein gerader Kegel, oder eine Halbkugel lothrecht ſtehen, ſo wird jeder Punct der Grundfläche von dem Gewichte aller Theilchen gedrückt, die ſich lothrecht darüber befinden; es iſt alſo eben ſo viel, als wenn die Grundfläche ſelbſt

ſchwer,

ſchwer, und das Gewicht derſelben durch den Raum dieſer Fläche gleichförmig vertheilt wäre. Mithin werden auch dieſe Körper unterſtützt ſeyn, wenn der Mittelpunct ihrer Grundfläche lothrecht unterſtützt iſt.

Karſtens Anfangsgr. der Naturl. §. 39.

§. 276. Wenn der Schwerpunct eines feſten Körpers lothrecht unterſtützt iſt, ſo kann der Körper ſelbſt nicht herabſinken, und der ganze Körper wird vor dem Falle geſchützt. Wenn hingegen die Verticallinie vom Schwerpuncte gezogen außerhalb der Unterſtützung liegt, ſo fällt der Körper, und zwar nach der Seite hin, wo der Schwerpunct liegt. Es iſt im erſten Falle gar nicht nöthig, daß der Schwerpunct ſelbſt unmittelbar gehalten werde, was in vielen Fällen gar nicht einmal anginge; ſo kann z. B. bey einer feſten Kugel ihr Mittelpunct, wenn er ihr Schwerpunct iſt, nicht unmittelbar unterſtützt werden, weil die ihn allenthalben umgebende Maſſe derſelben es hindert. Es braucht nur ein Punct A oder B (Fig. 28.) unterſtützt zu ſeyn, der in der Verticallinie AB liegt, welche durch den Schwerpunct C in der Richtung der Schwere geht. In dieſer Richtung wird der Schwerpunct durch die Schwere gegen den Horizont zu ſollicitirt, und eine Kraft, die dem Gewichte des Körpers in dieſer Richtung vollkommen widerſteht, wird das Fallen des Schwerpunctes, folglich des ganzen Körpers, verhüten. Dieſe Richtung ACB heißt die **Directionslinie des Schwerpunctes**, oder die mittlere Richtung der Gewichte aller ſchweren Theile des Körpers.

§. 277.

§. 277. Wenn ein ſchwerer Körper ſo aufgehängt wird (Fig. 28.), daß der Mittelpunct der Bewegung mit dem Mittelpuncte der Schwere C übereinkommt, und der Körper ſich zwar um denſelben drehen, ſonſt aber nicht weichen könnte, ſo wird er in jeder Lage ruhen, und es iſt eben ſo gut, als ob alle übrige Theile außerhalb des Aufhängungspunctes keine Schwere hätten.

§. 278. Wenn der unterſtützte Punct, an welchem der Körper hängt, höher liegt als der Schwerpunct, und z. B. der Körper (Fig. 28.) in dem Puncte A unterſtützt wird, ſo iſt der Körper nur dann in Ruhe, wenn der Aufhängungspunct A in einer geraden Linie mit der Directionslinie CB des Schwerpunctes C liegt. Der Körper kann in dieſem Zuſtande des Gleichgewichts ſich nicht um A drehen, ohne daß ſein Schwerpunct nicht ſtiege. Bey einer Abweichung, auch bey der geringſten, der geraden Linie AC von der verticalen Richtung wird ſich der Körper bewegen, und von ſelbſt in die Lage zu verſetzen ſtreben, in welcher AC vertical, oder in der Directionslinie des Schwerpunctes CB iſt. **Der Schwerpunct eines aufgehängten oder ſonſt beweglichen Körpers ſinkt alſo immer herab, und zwar ſo tief als er kann.** Er nimmt alſo unter allen möglichen Stellen jederzeit die niedrigſte ein, die er erhalten kann, ohne vorher zu ſteigen.

Hierauf gründet ſich auch die Methode, den Schwerpunct mechaniſch zu finden.

§. 279.

§. 279. Wenn B der unterſtützte Punct iſt (Fig. 28.), und niedriger liegt, als der Schwerpunct C, ſo kann kein beharrliches Gleichgewicht Statt finden, ſondern es verurſacht die geringſte Abweichung der geraden Linie BC von der Directionslinie des Schwerpunctes, daß der Körper umfallen, und ſich in eine andere Lage verſetzen muß, worin die Directionslinie ſeines Schwerpunctes entweder ſenkrecht unterſtützt iſt, oder andere Urſachen ſein Fallen verhindern.

Eine Kugel kann auf einer waagerechten Ebene in jeder Lage ruhig liegen, weil dieſe die Directionslinie des Schwerpunctes ſenkrecht unterſtützt; die geringſte Abweichung der Ebene von der horizontalen Lage macht, daß die Kugel darauf herabrollt.

Es iſt zwar an ſich möglich, daß ein Kegel auf ſeiner Spitze ruhen kann, wenn ſeine Achſe vollkommen lothrecht ſteht; aber die allerkleinſte Abweichung von dieſer lothrechten Richtung würde ihn zum Umfallen bringen.

Karſtens Anfangsgr. der Naturw. §. 42.

§. 280. Wenn die Directionslinie des Schwerpunctes innerhalb der unterſtützten Grundfläche eines Körpers fällt, ſo kann der Körper nicht durch ſein eigenes Gewicht umfallen. Wenn aber die Directionslinie außerhalb der unterſtützten Grundfläche fällt, ſo fällt der Körper um, und zwar nach der Seite hin, wohin der Schwerpunct liegt. Es iſt im erſten Falle nicht nöthig, daß alle Puncte der Grundfläche unterſtützt ſind, ſondern die unterſtützten Puncte brauchen nur die Winkelpuncte einer ebenen geradlinigen Figur auszumachen, wenn man ſie mit geraden Linien zuſammenzieht, und die Verticallinie durch den Schwerpunct oder die Directionslinie deſſelben muß eine Stelle der waagerechten Ebene treffen, die innerhalb der Gränzen jener Figur liegt.

Ein Tiſch auf drey Füßen ſteht feſt, und feſter als auf vieren, weil jene allemal in einerley Ebene fallen, welches bey vieren nicht der Fall iſt, wenn der Boden nicht völlig waagerecht iſt, und alle Füße genau gleich lang ſind.

§. 281. Aus der Anwendung der Theorie vom Schwerpuncte laſſen ſich verſchiedene Phänomene und Verſuche erklären. Dahin gehören:

1) Die Erſcheinungen des chineſiſchen Purzelmannes.

Muſchenbroek introd. ad philoſ. nat. §. 508.

2) Die Einrichtung und Wirkung eines Wegmeſſers, oder Hodometers.

Sigaud de la Fond élémens de Phyſique T. II. §. 277; deſſen Anweiſung zur Experimentalphyſ. §. 122. a.

3) Die Lampe des Cardanus.

Sigaud a. a. O. §. 76.

4) Die Stellung einiger Gebäude, die zu fallen ſcheinen, und doch ſicher ſtehen, wie z. B. der Thürme zu Piſa und Bologna.

Caſatus mechanica. L. B. 1684. 4. l. c. 9.

5) Der Mechanismus des Stehens, Gehens, Aufſtehens und der verſchiedenen Beugungen bey Menſchen und Thieren.

Petrus Borellus de motu animalium. Hagae 1743. 4. I. c. 18-22. *Desaguliers* courſe of experimental philoſophy. II. §. 44.

Beym Menſchen geht die Directionslinie ſeines Schwerpuncts, wenn er auf zwey Füßen ſteht, durch das Perinäum.

6) Das Hinaufſteigen eines Cylinders auf einer ſchiefen Ebene.

Desaguliers a. a. O. II. §. 38. A. G. Käſtners Unterſuchung des Cylinders, der ſich eine ſchiefe Fläche hinauf zu wälzen ſcheint; im 1. B. der deutſchen Schriften der königl. Soc. d. W. zu Göttingen S. 113.

7)

7) Ein doppelter Kegel, der über zwey ſchiefen Flächen hinaufwärts zu rollen ſcheint.

Geo. Wolfg. Kraft explicatio experimenti paradoxi de adſcenſu coni duplicis in altum ſpontaneo; in den *comment. Petrop.* T. VI. S. 389.

8) Die Künſte der **Balançeurs** und **Aequilibriſten**.

Gehlers phyſikal. Wörterbuch, Th. III. S. 933.

9) Das Aufhängen eines Eimers voll Waſſer an die Klinge eines Meſſers, das frey auf einem Tiſche liegt.

Sigaud a. a O. §. 281.; deſſen Anweiſung zur Experimentalphyſ. §. 124.

10) Allerley andere Spielwerke, wie der kleine Seiltänzer von Holz, die kleinen Männchen von Kork unten mit Bley, die von ſelbſt aufſtehen, u. dergl.

Schwenters mathematiſche Erquickſtunden, B. 1. Th. 9. Aufg. 5. 6. 7.

Gleichgewicht feſter Körper.

§. 282. Eine gerade unbiegſame Linie AB (Fig. 43.), oder cB (Fig. 44.), ohne Schwere, und in einem gewiſſen Puncte ſo unterſtützt, daß ſie ſich zwar um denſelben drehen, ſonſt aber nicht in Bewegung zu kommen vermag, und an der man ſich zwey wirkende Kräfte vorſtellen kann, heißt ein **Hebel** (Vectis), und zwar ein **mathematiſcher geradliniger Hebel**; ſonſt aber, wenn die Linie ſelbſt ſchwer iſt, ein **phyſiſcher Hebel.** Der unterſtützte Punct c heißt der **Ruhepunct**, oder **Bewegungspunct** (Centrum

trum motus); das, was ihn unterſtützt, wie f (Fig. 43.), die **Unterlage** (Fulcrum, Hypomochlium), die auch manchmal zur **Ueberlage** wird (Fig. 44.), oder auch als **Zapfen** anzuſehen iſt. Die **Kräfte** (*Potentiae*), die den Hebel in der entgegengeſetzten Richtung zu drehen ſtreben, heißen nach ihrer verſchiedenen Beſtimmung die **Kraft** (Vis) und die **Laſt** (Onus), die man ſich auch als ziehende Gewichte vorſtellen kann.

§. 283. Wenn der Ruhepunct (Fig. 43.) am Hebel zwiſchen den beyden Puncten A und B, an welchen die Gewichte angebracht ſind, oder zwiſchen der Kraft und der Laſt liegt, ſo heißt er ein **Hebel der erſten Art**, oder ein **doppelarmiger Hebel** (Vectis heterodromus); wenn aber die Stellen, woran die entgegengeſetzten Kräfte angebracht ſind, beyde an Einer Seite des Ruhepuncts liegen, (wie Fig. 44. und 45.), ſo iſt er ein **Hebel der andern Art**, oder **ein einarmiger Hebel** (Vectis homodromus). Bey dem erſtern gehen die beyden Kräfte nach verſchiedenen Seiten, wenn er ſich bewegt; bey dieſem gehen ſie beyde nach einerley Seite. Es ſind vom Hebel der andern Art zweyerley Gattungen: eine, wo die Laſt in der Mitte iſt, zwiſchen dem Ruhepuncte und der Kraft; und eine, wo die Kraft zwiſchen dem Ruhepuncte und der Laſt liegt.

Beyſpiele von phyſiſchen Hebeln der erſten Art geben die gemeinen Hebebäume, der Geisfuß der Maurer, die Krämerwaage, die Schnellwaage, Scheren, Zangen.

Beyſpiele von Hebeln der zweyten Art: der erſten Gattung: die Ruder eines Schiffes, ein Schiebkarren; der zweyten Gattung: eine Schaufel, eine Senſe, ein Arm des menſchlichen Körpers, wenn er eine Laſt hebt.

§. 284.

§. 284. Gleiche Gewichte F und D (Fig. 43.), die am doppelarmigen Hebel AB in gleichen Entfernungen vom Ruhepuncte c frey hängen, erhalten einander im **Gleichgewichte** (§. 83.). Ungleiche Gewichte hingegen in gleichen Entfernungen erhalten einander nicht im Gleichgewichte; das größere zieht das kleinere in die Höhe (§. 84.).

§. 285. Die Unterlage f (Fig. 43.) trägt bey dem doppelarmigen Hebel AB die Summe der Gewichte D und F, die an beyden Seiten ziehen, und im Gleichgewichte ſtehen. Wenn daher ſtatt der Unterlage eine Kraft der Richtung der Schwere des Ruhepunctes entgegen zöge, ſo würde der Hebel ebenfalls unterſtützt ſeyn, und es würde alles ruhen.

§. 286. Nimmt man in dieſem letztern Falle (§. 285.) das Gewicht D an dem einen Arme des Hebels Ac weg, und befeſtigt dagegen dieſen Punct A, oder giebt ihm eine unbewegliche Ueberlage (Fig. 44.), ſo wird er ein einarmiger Hebel; aber er bleibt doch in Ruhe, obgleich die Kraft F an dem andern Ende B nur halb ſo groß iſt, als die Kraft P, die ihn in der Mitte in der entgegengeſetzten Richtung AK zieht. Die einfache Kraft F hält alſo bey der doppelten Entfernung Bc = 2 Ac der doppelten Kraft P bey der einfachen Entfernung Ac das Gleichgewicht. Auf eine ähnliche Art läßt ſich dieſes auch am doppelarmigen Hebel beweiſen. Denn man könnte dieſen einarmigen Hebel cAB jenſeits der Ueberlage f um die Hälfte cA verlängern, die Ueberlage wieder zur Unterlage machen, wie Fig. 46., und

das doppelte Gewicht P an das Ende G des verlängerten Arms aufhängen, das nun mit dem vorigen, nach der engegengeſetzten Richtung in A ziehenden, doppelten Gewichte im Gleichgewichte ſtehen würde. Da dieſes aber mit dem einfachen F vorher (Fig. 44.) im Gleichgewichte war, ſo muß auch nun bey dem doppelarmigen Hebel (Fig. 46.) das einfache Gewicht F bey der doppelten Entfernung cB = 2 dem doppelten Gewichte P bey der einfachen Entfernung cG = 1 das Gleichgewicht halten.

Das Geſetz des Gleichgewichts der Kräfte am Hebel leitete Carteſius aus dem im folgenden §. 292. angeführten Satze her; Varignon aus der Lehre von der Zuſammenſetzung der Kräfte (Nouvelle mécanique ou ſtatique. à Paris. 2 Vol. 4.). Ich habe hier den von Hrn. Käſtner gegebenen, weit evidentern, Beweis kurz mitgetheilt. Die weitere Ausführung ſehe man in deſſen Vectis et compoſitionis virium theoria evidentius expoſita. Lipſ. 1753. 4.

Die Anwendung des Grundſatzes des Archimedes auf beyde Arten von Hebel, den doppelarmigen ſo wohl als den einarmigen, ſehe man in: Obſervations of the fundamental property of the lever, with a proof of the principle aſſumed by *Archimedes* in his demonſtration, by *S. Vince*; in den *phil. Transact.* 1794. P. I. S. 33. ff.

§. 287. Das Geſetz des Gleichgewichts der Kräfte am mathematiſchen Hebel jeder Art heißt diesemnach: **Die ſenkrecht am Hebel wirkenden Kräfte ſind im Gleichgewichte, wenn ihr Verhältniß in umgekehrter Ordnung einerley iſt mit dem Verhältniſſe ihrer Entfernungen vom Ruhepuncte;** oder: Die Kraft iſt vermögend, die Laſt zu erhalten, wenn ſie ſich dazu verhält, wie die Entfernung der Laſt vom Ruhepuncte zu der Entfernung der Kraft von demſelben.

So iſt alſo Fig. 46. F im Gleichgewichte mit P, wenn F : P = Gc : Bc, und Fig. 44. F im Gleichgewichte mit P, wenn F : P = Ac : Bc.

§. 288.

§. 288. Das Product, welches gefunden wird, wenn man die Laſt oder Kraft, oder überhaupt die Gewichte, mit ihrer Entfernung vom Ruhepuncte multiplicirt, heißt das **Moment der Laſt oder Kraft. Kraft und Laſt erhalten einander im Gleichgewichte am Hebel, wenn ihre Momente gleich ſind.**

Wenn (Fig. 46.) F 2 Pf. und P 4 Pf. beträgt, ſo muß, wenn Gleichgewicht Statt finden ſoll, (nach §. 286.), Bc : Gc = 4 : 2 ſeyn. Wenn wir nun dieſe Entfernungen vom Ruhepuncte Bc = 4 und Gc = 2 mit den in B und G applicirten Gewichten F und P multipliciren, ſo erhalten wir 2 . 4 = 4 . 2, alſo gleiche Momente. Weil nämlich im Zuſtande des Gleichgewichts F : P = Gc : Bc, ſo iſt auch F $\times$ Bc = P $\times$ Gc.

§. 289. Wenn die Richtungen der Kräfte am Hebel nicht ſenkrecht darauf wirken, wie wir bisher angenommen haben, ſondern unter einem ſchiefen Winkel, ſo iſt die aus dem Ruhepuncte auf die Richtungslinie gezogene Perpendicullinie für die Entfernung der Kräfte vom Ruhepuncte zu halten, und es iſt Gleichgewicht da, wenn die Producte der Kräfte in dieſe Entfernungen, oder wenn die Momente gleich ſind.

Es ſey AcB (Fig. 47.) ein doppelarmiger Hebel, auf den die Kräfte R und P in den ſchiefen Richtungen AR und BP wirken. Hier ſind die auf dieſe Richtungen aus dem Ruhepuncte gezogenen Perpendicul cD und cE für die Entfernungen dieſer Kräfte vom Ruhepuncte zu halten, und es iſt Gleichgewicht da, wenn R : P = Ec : Dc, oder wenn R $\times$ Dc = P $\times$ Ec. Man kann ſich nämlich vorſtellen, daß das rechtwinklige Dreyeck cDA um c gedreht werden könne; in dieſem Falle wird die Kraft R, bey D an die Linie AD angebracht, mit dem Momente R $\times$ Dc wirken. Da ſie nun das ganze Dreyeck cAD eben ſo ſtark mitdreht, wenn ſie cD dreht, ſo muß ſie es auch in Anſehung cA thun; folglich iſt das Moment, womit ſie auf cA wirkt, = R $\times$ cD. Was von cA gilt, gilt auch von cB.

§. 290. Einerley Potenzen, die an einerley Puncte des geradlinigen Hebels applicirt ſind, aber unter verſchiedenen Richtungen darauf wirken, müſſen ſich, wenn ſie gleich ſtark darauf wirken ſollen, umgekehrt wie die Sinus der Winkel verhalten, den ihre Richtungen mit dem Hebel machen.

Wenn alſo an dem einarmigen Hebel cA (Fig. 48.) zwey Kräfte R und P an einerley Puncte A angebracht ſind, und unter den ſchiefen Richtungen AR und AP wirken, ſo kann nur dann Gleichgewicht erfolgen, wenn $R : P = cP : cR$, oder wenn $R \times cR = P \times cP$.

Wenn die Kraft S (Fig. 47.) ſenkrecht auf den Hebelsarm cB wirkt, und mit R im Gleichgewichte iſt, ſo iſt $S : P = cE : cB$, d. i., wie der Sinus des Winkels cBP oder cBE zum Sinus totus.

§. 291. Eine Kraft am Hebel vermag alſo, bey übrigens gleichen Umſtänden, mehr, wenn ſie ſenkrecht, als wenn ſie ſchief darauf wirkt.

§. 292. Die Bogen, durch welche die Aufhängungspuncte der am Hebel im Gleichgewichte ſtehenden Gewichte bewegt werden können, verhalten ſich wie ihre Entfernungen vom Ruhepuncte; und es iſt alſo einerley Kraft nöthig, ein einfaches Gewicht durch einen doppelten, dreyfachen, u. ſ. w. Raum zu führen, als ein doppeltes, dreyfaches u. ſ. w. Gewicht durch den einfachen Raum; oder die Geſchwindigkeit des einfachen Gewichts iſt zweymal, dreymal u. ſ. w. größer, als die Geſchwindigkeit des doppelten, dreyfachen u. ſ. w. Gewichts. So viel man alſo durch weitere Entfernung der Kraft vom Ruhepuncte des Hebels an der Kraft erſpart, ſo viel verliert man an der Geſchwindigkeit der Laſt

Geſetzt, an dem doppelarmigen Hebel AcB (Fig. 49.) ſey in B eine Kraft applicirt, die viermal weiter vom Ruhepuncte

te c entfernt iſt, als die Laſt in A von c, ſo wird ſie zwar viermal kleiner zu ſeyn brauchen, als die Laſt in A, um ihr das Gleichgewicht zu halten; aber ſie wird die Laſt in A nur durch den einfachen Raum Aa heben, während ſie den vierfachen Raum Bb durchläuft. Denn Bb : Aa = cB : cA. Wenn in dem Puncte B das einfache Gewicht, und in dem Puncte A das vierfache Gewicht angebracht wäre, ſo würden ſie im Gleichgewichte ſeyn, weil 4 . cA = 1 . cB. Aber bey der Bewegung des Hebels würde der Raum, den A durchläuft, zu dem, welchen B in eben der Zeit beſchreibt, ſich verhalten wie 1 : 4. Es wären alſo die Producte aus den Gewichten in ihre reſpectiven Geſchwindigkeiten proportional; folglich wäre gleiche Größe der Bewegung da, und alſo Gleichgewicht. Hierauf eben beruht der Carteſianiſche Satz vom Gleichgewichte der Kräfte am Hebel (§. 286. Anm.).

§. 293. Bey dem **phyſiſchen** Hebel, welches jeder wirkliche Hebel iſt, kommt das Gewicht ſeiner Arme ſelbſt in Betracht. Man kann ihn aber leicht auf einen mathematiſchen zurückbringen, wenn das Gewicht ſeiner Arme bekannt iſt, das man nur im Schwerpuncte derſelben vereinigt annehmen, und aus der Entfernung dieſes Schwerpunctes vom Ruhepuncte leicht berechnen kann, wie viel Gewicht am kürzern Arme nöthig ſey, um das Gleichgewicht des Schwerpunctes vom längern Arme zu erhalten.

Beſtätigung durch Verſuche mit Leupolds Univerſalwaage.

Auch läßt ſich hieraus leicht erklären, warum bey einem auf einem ſcharfkantigen Tiſche freyliegenden Stocke eine ziemliche Laſt an das kurze hervorragende Ende des Stocks gehängt werden kann.

Anwendung der Lehre vom Hebel auf die Bewegungen der Gliedmaßen, und der durch ſie zu überwältigenden Laſten vermittelſt der Muskeln. (*Petri Borelli* oben (§. 281. 5) angeführtes Werk; *Parent* Recherches de Mathematique et Phyſique. à Paris. 1713. T. II. S. 631. ff., S. 662. ff., und 694. ff., T. III. S. 335.; ingleichen Gehlers phyſik. Wörterb. Th. III. S. 295. ff.)

§. 294. Die Geſetze des geradlinigen Hebels laſſen ſich leicht auf den **Winkelhebel** oder **gebrochenen Hebel** (Vectis angularis), die **Rolle** oder **Schei**be

be (Trochlea), den **Flaſchenzug** (Polyſpaſtus), das **Rad an der Welle** (Axis in peritrochio) anwenden. Die nähere Beſtimmung und weitere Ausführung der Lehre von denſelben gehören aber eigentlich für ein Lehrbuch der angewandten Mathematik.

Stoß feſter Körper.

§. 295. Wenn ein ſchwerer Körper auf einer horizontalen Tafel liegt, und darauf bey ſeiner Bewegung die Friction nicht in Anſchlag gebracht wird, oder, wenn er an einem Faden aufgehängt iſt, ſo wird Kraft nöthig ſeyn, ihn in Bewegung zu ſetzen; das heißt, die zu ſeiner Bewegung angewandte Kraft wird eine Verminderung erleiden, und er wird Widerſtand leiſten, um aus Ruhe in Bewegung zu kommen, nicht wegen ſeiner Trägheit, wie man ſich gewöhnlich die Sache vorſtellt, ſondern, weil er von der Richtungslinie der Schwere ſtetig abgelenkt werden ſoll, wie bey der Wurfbewegung. Wir müſſen hier nun noch die Geſetze, welche die ſolcher Geſtalt durch den Stoß bewegten Körper befolgen, näher betrachten. Dieſe Geſetze werden durch beſondere Eigenſchaften der Körper, je nachdem ſie entweder **rigide**, oder **federhart**, oder **weich** ſind, modificirt. Nun giebt es zwar in der Natur keine bloß rigiden Körper, die nicht zugleich auch Federkraft (§. 127.) hätten, und die Geſetze des Stoßes der erſtern können daher nur unvollkommen durch Erfahrung beſtätigt werden; wir können uns aber doch hier bey der allgemeinen Betrachtung der Körper jene Eigenſchaf-

ten als abgeſondert vorſtellen, um ſo allgemein mögliche Fälle zu erhalten, nach denen die wirklichen beſtimmt werden.

§. 296. Der Stoß findet Statt auf eine dreyfache Art: 1) zwiſchen einem ſich bewegenden und einem ruhenden Körper; 2) zwiſchen zwey Körpern, die ſich nach einerley Richtung bewegen, der nachfolgende aber mit größerer Geſchwindigkeit, als der erſtere vorangehende; und 3) zwiſchen zwey Körpern, die ſich nach entgegengeſetzter Richtung bewegen.

§. 297. Da die Größe der Bewegung eines widerſtehenden Körpers nicht allein von der Maſſe, ſondern auch von der Geſchwindigkeit deſſelben abhängt (§. 105.); ſo muß auch bey der Mittheilung der Bewegung durch den Stoß auf beyde Rückſicht genommen werden, und ferner auch darauf, ob der Stoß gerade oder ſchief (§. 39.) geſchieht. Wir betrachten hier nur den erſtern.

§. 298. Bey dem geraden Stoße **vollkommen rigider** Körper finden folgende Geſetze Statt, die ſich aus dem Vorhergehenden leicht erklären laſſen:

1) Wenn ein vollkommen harter unelaſtiſcher Körper auf einen andern vollkommen harten unelaſtiſchen, welcher feſt und unbeweglich iſt, ſtößt, ſo ruhen beyde nach dem Stoße.

2) Iſt der ruhende auch beweglich, ſo vertheilt ſich die Geſchwindigkeit des bewegten unter beyde nach dem Verhältniſſe ihrer ſchweren Maſſen oder Gewichte, oder: die Geſchwindigkeit beyder nach dem Stoße iſt gleich der Größe der Bewegung des ſtoßenden

den Körpers durch die Summe der ſchweren Maſſen oder der Gewichte dividirt.

Wenn wir die Gewichte oder die ſchweren Maſſen P, p, die Geſchwindigkeiten vor dem Stoße C, c, und nach dem Stoße z nennen wollen, ſo iſt $z = \frac{C.P}{P + p}$.

3) Wenn ſich beyde Körper nach einerley Richtung bewegen, ſo können ſie nur dann auf einander wirken, wenn ſich der vorangehende mit geringerer Geſchwindigkeit bewegt. Dann wird nach dem Stoße die Geſchwindigkeit des anſtoßenden kleiner, und die des geſtoßenen größer werden müſſen, und die Geſchwindigkeit beyder wird gleich ſeyn der Summe der Größen der Bewegungen, dividirt durch die Summe der ſchweren Maſſen oder Gewichte.

Es iſt dieſemnach $z = \frac{CP + cp}{P + p}$.

4) Wenn ſich beyde Körper in gerader Richtung gegen einander bewegen, ſo müſſen ſie nach dem Stoße ruhen, wenn die Größen ihrer Bewegung gleich waren; d. h., wenn entweder die Geſchwindigkeit bey gleich ſchweren Maſſen gleich war, oder die Producte der ſchweren Maſſen durch die Geſchwindigkeiten bey beyden gleich waren.

5) Sind aber bey dieſer entgegengeſetzten Richtung die Größen der Bewegung in beyden ungleich, ſo gehen beyde Körper nach dem Stoße in der Richtung desjenigen Körpers fort, der die größere Bewegung hatte, und zwar muß die Geſchwindigkeit beyder dann gleich ſeyn der Differenz der Größen der Bewegung beyder Körper, dividirt durch die Summe der ſchweren Maſſen oder Gewichte.

Es iſt alſo $z = \frac{CP - cp}{P + p}$.

Beſtätigung durch Verſuche mit Thonkugeln, die an der Luft mäßig getrocknet worden ſind.

Um dieſe Verſuche mit Sicherheit und Bequemlichkeit anſtellen zu können, hat man eigne Vorrichtungen, die unter dem Namen der Percuſſionsmaſchine oder der Stoßmaſchine des Mariotte bekannt ſind. (De la percuſſion ou choc des corps, in den *Oeuvres de Mariotte*, à la Haye 1740. T. I.) 's Graveſande (Phyſices elem. mathemat. L. I. c. 23.) und Nollet (Leçons de phyſique T. I. Leç. 4. Sect. 3.) haben ſolche Maſchinen umſtändlich beſchrieben.

Wenn man die ſich ſtoßenden Kugeln in Bogen, wie Pendul, fallen läßt, ſo verhalten ſich die Geſchwindigkeiten an der unterſten Stelle nur dann nahe wie die Bogen ſelbſt, wenn dieſe ſehr klein ſind; bey größern Bogen hingegen kann man die Geſchwindigkeiten keinesweges durch die Bogen ſelbſt meſſen, ſondern jene verhalten ſich wie die Quadratwurzeln aus den ſenkrechten Fallhöhen (§. 213. 3.)

Zur Entwickelung der Theorie dieſer Geſetze des centralen Stoßes harter oder rigider Körper müſſen wir auf die Geſetze der reinen Bewegungslehre zurückgehen.

1) Geſetzt, der geſtoßene Körper iſt nach dem zweyten Falle ruhend und beweglich, ſo wird der ſtoßende auf den ruhenden als auf einen Widerſtand wirken, und von ſeiner Größe der Bewegung ſo viel verlieren müſſen, als der Widerſtand des ruhenden beträgt. Er wird alſo genau den Theil ſeiner Kraft verlieren, der erforderlich iſt, den ruhenden nach dem Stoße mit der Geſchwindigkeit zu bewegen, mit dem er ſelbſt nach dem Stoße noch ſeine Bewegung fortſetzt. Es iſt nämlich klar, daß dieſelbige Kraft, die die einfache widerſtehende Maſſe mit der einfachen Geſchwindigkeit bewegt, die doppelte Maſſe mit der halben Geſchwindigkeit, die dreyfache Maſſe mit dem dritten Theile dieſer einfachen Geſchwindigkeit bewegen werde, und überhaupt mit einer Geſchwindigkeit, die der zu bewegenden Maſſe umgekehrt proportional iſt. Bey dem Zuſammentreffen der ſtoßenden Maſſe und der ruhenden geſtoßenen machen nun beyde zuſammen eine vergrößerte widerſtehende Maſſe aus, die nicht mehr von der vorigen Kraft mit derſelbigen Geſchwindigkeit bewegt werden kann. Nun iſt beym Zuſammentreffen keine andere Kraft da, als die der ſtoßenden Maſſe inhärirt, folglich wird die Geſchwindigkeit der ſtoßenden Maſſe vor dem Stoße zur gemeinſchaftlichen Geſchwindigkeit beyder Maſſen nach dem Stoße ſich verhalten, umgekehrt, wie die Summe der Maſſen zu der ſtoßenden Maſſe. Wenn alſo die ſtoßende Maſſe P, die ruhende p, und die Geſchwindigkeit der ſtoßenden C heißt, ſo iſt $z : C = P : P + p$, folglich $z = \frac{PC}{P + p}$, wie nach (2).

Iſt $P = p$, ſo wird $z = \frac{1}{2}C$.

Wenn

Wenn man die einzelnen beweglichen Maſſen mit der gemeinſchaftlichen Geſchwindigkeit nach dem Stoße, oder mit z, multiplicirt, ſo wird die Größe der Bewegung beyder zuſammen ſo ſeyn, wie die Größe der Bewegung vor dem Stoße war, alſo ungeändert. Denn $z \cdot P + z \cdot p = \frac{PC}{P + p} \cdot P + \frac{PC}{P + p} \cdot p = PC$.

II) Iſt die ruhende Maſſe unbeweglich, ſo iſt ſie als unendlich groß gegen die ſtoßende anzuſehen, und die gemeinſchaftliche Geſchwindigkeit nach dem Stoße wird als unendlich klein verſchwinden; ſie werden alſo beyde nach dem Stoße ruhen (1).

III) Wenn die Maſſe p nicht ruhend, ſondern auch in Bewegung iſt, und zwar mit einer Geſchwindigkeit C, in einerley Richtung, als P; ſo kann natürlicher Weiſe kein Stoß geſchehen, wenn c = C, welcher nur geſchehen kann, wenn p mit der kleinern Geſchwindigkeit c vorangeht, und P mit der größern Geſchwindigkeit C nachfolgt. P kann aber in dieſem Falle nicht mit ſeinem ganzen C, ſondern nur mit dem Ueberſchuſſe ſeiner Geſchwindigkeit, oder mit C — c, wirken. Zu der gemeinſchaftlichen Größe der Bewegung, die beyde Maſſen haben, wird alſo noch der Ueberſchuß der Größe der Bewegung [(C — c) P] der größern hinzukommen und unter beyde Maſſen gleichförmig vertheilt werden. Es iſt alſo nach dem Stoße

$$z = \frac{(C - c) P + Pc + pc}{P + p} = \frac{PC - Pc + Pc + pc}{P + p}$$

$= \frac{PC + pc}{P + p}$, wie angegeben iſt (3).

Die Geſchwindigkeit, welche p gewinnt, iſt $= \frac{CP + cp}{P + p} - c = \frac{CP - cP}{P + p}$, und die Geſchwindigkeit, welche P verliert, iſt $= C - \frac{CP + cp}{P + p} = \frac{Cp - cp}{P + p}$.

Die Größe der Bewegung beyder nach dem Stoße iſt wie die Summe der einzelnen Größen der Bewegung vor dem Stoße. Denn $zP + zp = \frac{PC + pc}{P + p} P + \frac{PC + pc}{P + p} p = PC + pc$.

IV) Wenn beyde bewegliche Körper in entgegengeſetzter Richtung mit gleichen Kräften, d. i., mit gleicher Größe der Bewegung, an einander ſtoßen, wenn nämlich PC = pc, oder P : p = c : C; ſo kann keine Bewegung erfolgen, ſondern beyde Bewegungen müſſen nach dem Geſetze des §. 83. ſich wechſelſeitig aufheben (4).

V) Wenn aber bey dieſer entgegengeſetzten Richtung PC und pc ungleich ſind, ſo muß das Geſetz des §. 84. eintreten. Es ſey nämlich PC > pc, ſo wird es einen gewiſſen Theil x der Geſchwindigkeit C geben, der mit P multiplicirt

eine

eine Größe der Bewegung $Px = pc$ macht. Beyde würden ſich gegen einander aufheben, und alſo Ruhe hervorbringen, wenn die Körper mit den Kräften Px und pc gegen einander direct ſtießen. Es iſt nun noch ein Theil d von der Geſchwindigkeit übrig, oder $d = C - x$, der die Größe der Bewegung Pd hervorbringt, die ſich dann unter die beweglichen Maſſen P und p vertheilt und ſie in Bewegung nach der Richtung von C verſetzt. Die gemeinſchaftliche Geſchwindigkeit nach dem Stoße, oder z, iſt alſo $= \frac{Pd}{P + p}$. Weil nun $Px = pc$, ſo iſt auch $P : p = c : x$, und alſo $x = \frac{pc}{P}$. Da nun $d = C - x$, ſo iſt auch $d = C - \frac{pc}{P} = \frac{PC - pc}{P}$. Wenn wir nun dieſen Werth von d in der erſten Formel dafür ſubſtituiren, ſo iſt $z = \frac{PPC - Ppc}{PP + Pp} = \frac{PC - pc}{P + p}$ (5).

Die Größe der Bewegung nach dem Stoße iſt $= PC - pc$, wie man leicht finden wird, und alſo gleich der Differenz der Größen der Bewegung vor dem Stoße. Wenn man aber die Größen der Bewegung nach einerley Richtung, nämlich nach der Richtung der größern Kraft, nimmt; ſo iſt die ſchwächere in Anſehung dieſer ſtärkern negativ, und dann iſt die Größe der Bewegung vor und nach dem Stoße für gleich zu achten.

§. 299. Beym geraden Stoße **federharter** (§. 126.) oder ſo genannter **elaſtiſcher** Körper kommt noch in Betracht, daß von einer äußern auf ſie wirkenden Kraft ihre Theile zuſammengedrückt werden, aber auch mit eben der Kraft zugleich zurückwirken, und alſo dadurch Veränderungen in der Bewegung hervorbringen. Aus den Kräften des Stoßes und der Zurückwirkung federharter Körper, (deren Federkraft wir hier gleich ſtark annehmen,) entſpringen folgende Geſetze:

1) Wenn ein elaſtiſcher Körper an einen andern gleich elaſtiſchen ruhenden und unbeweglichen anſtößt, ſo ſpringt er mit ſeiner ganzen Geſchwindigkeit zurück.

2)

2) Wenn der ruhende Körper beweglich und von gleichem Gewichte iſt, ſo bekommt er die ganze Geſchwindigkeit des ſtoßenden, und dieſer ruhet dagegen.

3) Wenn hingegen der ruhende bewegliche Körper von ungleichem Gewichte iſt mit dem bewegten, ſo iſt die neue Geſchwindigkeit des anſtoßenden zur vorigen wie die Differenz der Gewichte zu ihrer Summe, und die Geſchwindigkeit des angeſtoßenen wie das doppelte Gewicht des anſtoßenden zu beyden Gewichten.

4) Wenn ſich zwey elaſtiſche Körper von gleichem Gewichte nach einerley Richtung bewegen, und zwar wie §. 298. Nr 3., ſo werden ſie beyde nach dem Stoße zwar nach einerley Richtung zu gehen fortfahren, aber mit verwechſelten Geſchwindigkeiten.

5) Wenn ſich beyde Körper in gerader Richtung gegen einander bewegen und die Größe ihrer Bewegung gleich groß iſt, ſo werden ſie mit eben der Geſchwindigkeit von einander zurückſpringen, mit der ſie gegen einander liefen.

6) Iſt aber bey dieſem Falle die Geſchwindigkeit ungleich, das Gewicht aber gleich, ſo verwechſeln ſie nach dem Stoße ihre Geſchwindigkeiten beym Zurückſpringen.

Beſtätigung durch Verſuche mit elfenbeinernen Kugeln.

1) Zur Entwickelung der Theorie wollen wir erſt den Fall (2) ſetzen. Der ſtoßende Körper würde dem ruhenden die Hälfte ſeiner Geſchwindigkeit ertheilen, wenn ſie beyde bloß hart und von gleichem Gewichte wären, wie vorhin erwieſen iſt. Da ſie beyde elaſtiſch ſind, ſo erleiden ſie einen Eindruck, der in dem geſtoßenen demjenigen Theile der Größe der Bewegung oder der Gewalt des ſtoßenden proportional war, den dieſer zur Ueberwältigung des ruhenden anwenden mußte. Dies war die Hälfte der Größe ſeiner Bewegung

gung oder ſeiner Geſchwindigkeit, weil wir gleiche Gewichte oder ſchwere Maſſen annehmen. Nach Vollendung des Stoßes ſtellt ſich nun dieſer Eindruck wieder her, und zwar mit eben der Kraft, mit der er veranlaßt wurde. Da aber der ſtoßende in der Richtung widerſteht, in welcher ſich der Eindruck des geſtoßenen wieder herſtellen will, ſo verliert dadurch der ſtoßende noch die andere Hälfte der Geſchwindigkeit, die er übrig behalten würde, wenn beyde Körper bloß hart wären, und wird alſo ruhend; oder der ſtoßende verliert doppelt ſo viel Größe der Bewegung, als er verloren haben würde, wenn beyde Körper bloß hart geweſen wären. Der ſtoßende erleidet auch einen Eindruck, der dem Widerſtande des geſtoßenen und alſo dem Eindrucke proportional war, welchen dieſer erlitt, alſo auch gleich der Hälfte der Gewalt, mit der er den ruhenden bewegte. Mit eben dieſer Gewalt ſtellt ſich der Eindruck wieder her, und ertheilt dadurch dem ruhenden noch einmal ſo viel Geſchwindigkeit. Der ruhende erlangt alſo doppelt ſo viel Größe der Bewegung, als er erlangt haben würde, wenn beyde Körper bloß hart, aber nicht elaſtiſch geweſen wären.

II) Hieraus können wir nun allgemeinere Beſtimmungen feſt ſetzen. Es heiße das Gewicht des ſtoßenden elaſtiſchen Körpers P, ſeine Geſchwindigkeit C, das Gewicht des elaſtiſchen ruhenden p. Die Geſchwindigkeit des ſtoßenden nach dem Stoße, oder Z, würde $\frac{PC}{P+p}$ ſeyn, wenn beyde Körper nicht federhart wären (§. 298. 2.); die Größe ſeiner Bewegung wäre dann $\frac{PPC}{P+p}$. Wenn wir nun dieſe von der Größe der Bewegung vor dem Stoße, oder von $PC = \frac{PC}{P+p}P + \frac{pC}{P+p}P$ (§. 298. Anm.), abziehen, ſo bleibt $\frac{PpC}{P+p}$ als die Größe der Bewegung, die er durch den Widerſtand des ruhenden verlor. Da er aber, weil er und der ruhende elaſtiſch ſind, durch die Reaction, wie vorhin gezeigt wurde (I), doppelt ſo viel Größe der Bewegung verliert, ſo iſt die verlorne Größe der Bewegung $\frac{2PpC}{P+p}$. Wenn wir nun dieſe von der Größe der Bewegung vor dem Stoße $PC = \frac{PPC}{P+p} + \frac{PpC}{P+p}$ abziehen, ſo bleibt $\frac{PPC - PpC}{P+p}$ als die Größe der Bewegung des ſtoßenden elaſtiſchen Körpers nach dem Stoße, und es iſt ſeine Geſchwindigkeit, oder Z, $= \frac{PC - pC}{P+p} = \frac{(P-p)C}{P+p}$. Es verhält ſich alſo $Z : C = P - p : P + p$; oder die Geſchwindigkeit des ſtoßenden nach dem Stoße iſt zur Geſchwin-

ſchwindigkeit deſſelben vor dem Stoße wie die Differenz der Maſſen zu ihrer Summe (3).

Die Geſchwindigkeit des ruhendem p nach dem Stoße wäre auch = $\frac{PC}{P+p}$, wenn beyde Körper unelaſtiſch und bloß hart wären, und ſeine Größe der Bewegung $\frac{pPC}{P+p}$ (§. 298. Anm.); da er aber elaſtiſch iſt, ſo wird durch die Reaction die Größe der Bewegung deſſelben nach dem Stoße = $\frac{2pPc}{P+p}$, und folglich die Geſchwindigkeit z = $\frac{2PC}{P+p}$. Es iſt alſo z : C = 2P : P + p; oder die Geſchwindigkeit des geſtoßenen iſt zur Geſchwindigkeit des ſtoßenden wie das doppelte Gewicht des ſtoßenden zur Summe der Gewichte beyder (3).

III) Iſt P = p, ſo iſt Z oder $\frac{PC - pC}{P+p} = 0$, und z oder $\frac{2PC}{P+p} = C$; oder der ſtoßende ruhet nach dem Stoße, und der geſtoßene bekommt die ganze Geſchwindigkeit des ſtoßenden (2).

IV) Wenn P > p, ſo iſt Z = $\frac{PC - pC}{P+p}$ eine poſitive Größe; wenn aber P < p, ſo wird Z negativ: z oder $\frac{2PC}{P+p}$ iſt aber immer poſitiv. Wenn alſo der ſtoßende weniger Gewicht hat als der ruhende, ſo ſpringt er nach dem Stoße vom letztern mit der Geſchwindigkeit Z zurück; der geſtoßene aber wird nach der Richtung des ſtoßenden bewegt.

V) Wenn die Maſſe des ruhenden p feſt und unbeweglich iſt, ſo iſt ſie gegen den ſtoßenden P als unendlich groß anzuſehen; in dieſem Falle verwandelt ſich die Geſchwindigkeit Z des ſtoßenden nach dem Stoße, oder $\frac{PC - pc}{P+p}$, in $\frac{PC - \infty C}{P+\infty} = -C$, oder der ſtoßende wird mit derſelben Geſchwindigkeit reflectirt, mit der er anſtieß (1). Die Geſchwindigkeit der unendlich großen geſtoßenen Maſſe nach dem Stoße wäre $\frac{2PC}{P+\infty}$, oder unendlich klein, oder für nichts zu nehmen.

VI) Wenn p mit der kleinern Geſchwindigkeit c vorangeht, und P folgt mit der größern Geſchwindigkeit C nach, ſo wird der Stoß nur mit C — c geſchehen können (§. 298. Anm. III.). Wenn die Körper nicht elaſtiſch wären, ſo würde p durch den bloßen Stoß allein zur Größe der Bewegung $\frac{Pp\,(C-c)}{P+p}$ erhalten; wegen der Reation durch

Elaſti-

Elaſticität erhält p aber $\frac{2Pp(C-c)}{P+p}$, die zu ſeiner eignen Größe der Bewegung pc noch hinzukommt. Daher iſt die ganze Größe der Bewegung von p nach dem Stoße $\frac{2Pp(C-c)}{P+p} + pc = \frac{2PpC - 2Ppc + Ppc + ppc}{P+p} = \frac{2PpC - Ppc + ppc}{P+p}$, und ſeine Geſchwindigkeit z $= \frac{2PC - Pc + pc}{P+p}$. Der elaſtiſche Körper P verliert von der Größe ſeiner Bewegung $\frac{2Pp(C-c)}{P+p}$ (I. und II.); wenn wir dies von ſeiner Größe der Bewegung vor dem Stoße $PC = \frac{PPC + PpC}{P+p}$ abziehen, ſo bleibt zur Größe der Bewegung nach dem Stoße $\frac{PPC + PpC - 2PpC + 2Ppc}{P+p} = \frac{PC - PpC + 2Ppc}{P+p}$. Dieſes ſtoßenden P Geſchwindigkeit Z aber iſt $\frac{PC - pC + 2pc}{P+p} = \frac{(P-p)C + 2pc}{P+p}$.

Wenn nun P = p iſt (4), ſo wird in den angeführten Formeln, die den Werth von Z und z ausdrücken, P + p = 2P, P — p = 0; daher wird die erſte Formel von z verwandelt in C, und die von Z in c; das heißt, die gleichen Gewichte verwechſeln nach dem Stoße ihre reſpectiven Geſchwindigkeiten (4).

VII) Wenn P und p in entgegengeſetzter Richtung mit den Geſchwindigkeiten C und c an einander ſtoßen, ſo werden die vorigen Formeln (VI) auch hier ihre Anwendung finden, nur daß c dem C entgegengeſetzt, und alſo in Rückſicht deſſelben negativ genommen werden muß. Die Geſchwindigkeit von p nach dem Stoße, oder z, verwandelt ſich alſo in $\frac{2PC + Pc - pc}{P+p} = \frac{2PC + (P-p)c}{P+p}$, und zwar nach der Richtung, in welcher P vor dem Stoße bewegt wurde; und die von P, oder Z, in $\frac{(P-p)C - 2pc}{P+p}$, und zwar in der Richtung von C.

Wenn nun hierbey PC = pc, ſo iſt z = c in der Richtung von C, und Z = — C; oder die Körper ſpringen mit eben der Geſchwindigkeit zurück, mit der ſie anſtießen (5).

Wenn P = p, ſo iſt z = C in der Richtung von C, und Z = — c; ſie verwechſeln folglich nach dem Stoße ihre Geſchwindigkeiten in entgegengeſetzter Richtung (6).

Wenn (P — p) C = 2pc, ſo wird, wie die Formel leicht giebt, Z = 0; folglich bleibt P nach dem Stoße in Ruhe,

Ruhe, und z wird C + c, in der Richtung von C, oder ſpringt mit der Geſchwindigkeit C + c zurück.

Wenn endlich (P — p) C > 2pc, ſo bleibt, wie man leicht ſieht, Z poſitiv, oder der Körper P geht mit der Geſchwindigkeit Z in der Richtung ſeiner vorigen Geſchwindigkeit C fort.

In allen Fällen bey dem Stoße elaſtiſcher Körper bleiben die Summen der reſpectiven Größen der Bewegung vor und nach dem Stoße gleich.

Man ſehe *Car. Scherffer* inſtitutiones phyſicae, P. I. Vindob. 1763. 8. S. 136 ff., dem ich hierbey in den Erklärungen ganz gefolgt bin.

§. 300. Bey **weichen** Körpern finden dieſelben Geſetze des Stoßes Statt, als bey harten Körpern, nur daß ſie zugleich ihre Figur ändern, welches bey harten Körpern der Fall nicht iſt und daß die Veränderung der Bewegung in eine andere, oder in Ruhe, nicht plötzlich, ſondern erſt nach und nach geſchieht.

§. 301. Wenn ein Körper einen andern nicht unmittelbar anſtößt, ſondern durch einen oder mehrere andere dazwiſchen liegende Körper von einerley Beſchaffenheit, ſo kann man jeden dazwiſchen liegenden als einen ſtoßenden und geſtoßenen Körper anſehen, und hieraus die erfolgte Wirkung leicht beurtheilen. So pflanzt ſich der Stoß durch eine Reihe gleich elaſtiſcher Kugeln bis zu der äußerſten fort: und läßt man an mehrere dergleichen elaſtiſche Kugeln von einerley Gewicht eine andere von gleichem Gewichte anſtoßen, ſo wird die letzte von allen nach §. 299. Nr. 2. mit der Geſchwindigkeit abſpringen, welche die erſtere hatte, und dieſe wird ruhen; läßt man zwey anſtoßen, ſo werden die zwey letzten abſpringen, u. ſ. w.

§. 302.

§. 302. Wenn die Reihe der elaſtiſchen Kugeln ſo iſt, daß die folgende Kugel immer halb ſo ſchwer iſt, als die zunächſt vorhergehende, und die erſte mit einer Geſchwindigkeit = C anſtößt, ſo erhält, wie ſich nach §. 299. Nr. 3. leicht berechnen läßt, die zweyte die Geſchwindigkeit = $\frac{4}{3}$ C, die dritte die Geſchwindigkeit von $\frac{4}{3}$mal $\frac{4}{3}$ C = $(\frac{4}{3})^2$ C, u. ſo fort, ſo daß z. B. die hundertſte eine Geſchwindigkeit von $(\frac{4}{3})^{99}$. C erhalten würde, die alſo mehr als 2 Billionenmal größer ſeyn würde, als die Geſchwindigkeit C der erſten ſtoßenden Kugel. Es verſteht ſich, daß hierbey in dem ganzen Syſteme der ſtoßenden Kugeln der Stoß immer als gerade angenommen wird.

Es iſt Log. $(\frac{4}{3})^{99}$ = 99 . Log. $\frac{4}{3}$. Man nehme alſo
Log. 4 = 0,602059991
Log. 3 = 0,477121254
Log. $\frac{4}{3}$ = 0,124938737.

Nimmt man nun (100 — 1). Log. $\frac{4}{3}$, ſo erhält man bequem 99 . Log. $\frac{4}{3}$; nämlich: 124938737
0,1249387
Log. $(\frac{4}{3})^{99}$ = 123689350.

Die Zahl, welcher dieſer Logarithme zugehört, fällt zwiſchen 2338500000000 und 2338600000000.

Grundlehren der angew. Mathem. von Joh. Heinr. Voigt. Jena 1794. §. 190.

§. 303. Wenn ein elaſtiſcher Körper auf einen andern harten unbeweglichen ſenkrecht ſtößt, ſo wird er mit eben der Geſchwindigkeit reflectirt, mit welcher er anſtieß, und zwar, wie leicht einzuſehen iſt, in der entgegengeſetzten Richtung. Eben dies erfolgt, wenn der ruhende unbewegliche Körper elaſtiſch iſt und ein harter unelaſtiſcher auf ihn ſtößt. Der letztere wird natürlicher Weiſe ebenfalls mit gleicher Geſchwin-

digkeit

digkeit nach der entgegengeſetzten Richtung zurückgeworfen werden.

Ein Ball ſpringt von der Mauer ab; eine elfenbeinerne Kugel von dem Steine; aber auch eine nicht-elaſtiſche Kugel von einer geſpannten Saite.

§. 304. Wenn ein elaſtiſcher Körper auf einen harten ruhenden unbeweglichen, oder auch umgekehrt, ein harter auf einen ruhenden unbeweglichen elaſtiſchen Körper in ſchiefer Richtung aufſtößt, ſo wird er wieder in der entgegengeſetzten ſchiefen Richtung zurückgeworfen, und **der Reflexionswinkel iſt dem Einfallswinkel gleich.**

Es ſey AB (Fig. 42.) eine harte unbewegliche Fläche, gegen welche ein elaſtiſcher Körper in der ſchiefen Direction CD in D anſtößt. Die Bewegung des anſtoßenden Körpers kann angeſehen werden, als ob ſie aus der Zuſammenſetzung der Kräfte CA und CE entſpränge. Da nun jede Wirkung nur nach der Perpendiculärlinie erfolgt (§ 95), ſo wird, wenn C in D angelangt iſt, nur die Kraft CA = ED wirkſam ſeyn können, und nach der entgegengeſetzten Richtung dieſer Kraft wird der elaſtiſche Körper durch den vollkommenen Widerſtand der Fläche in D einen Eindruck erleiden. Dieſer Eindruck ſtellt ſich mit eben der Gewalt wieder her, womit er veranlaßt wurde, ſo bald der Stoß geſchehen iſt; folglich würde der Körper von D nach E wieder zurückgeſchnellt werden; aber die Kraft CE = DB iſt noch ungeſchwächt, iſt noch nicht verwendet, weil ſie keinen Widerſtand fand, da ſie parallel mit der Fläche ging. Der Körper wird alſo, wenn die Wirkung des Stoßes in D vollendet iſt, wieder durch zwey Kräfte getrieben, nämlich durch DE und DB, und durchläuft alſo die Diagonale DF des Parallelogramms DEFB.

Der Winkel CDE heißt der Einfallswinkel (Angulus incidentiae), der Winkel EDF der Zurückprallungs- oder Reflexionswinkel (Angulus reflexionis). Beyde Winkel ſind ſich gleich, weil in beyden Dreyecken CED und EDF die Seiten CE und ED den Seiten FE und ED gleich ſind, und der rechte Winkel CED = FED; folglich ſind die Dreyecke gleich, und alſo der Winkel CDE = EDF.

Beyſpiele liefert das Abſpringen der auf das Waſſer ſehr ſchief geworfenen Steine.

§. 305.

§. 305. Von den bisher vorgetragenen Geſetzen des Stoßes zwiſchen elaſtiſchen Körpern und zwiſchen harten und elaſtiſchen Körpern laßen ſich Anwendungen auf das **Billard** machen. Die elfenbeinernen Kugeln ſind gegen das Polſter der Banden der Tafel als vollkommen hart, und dieſes allein iſt als elaſtiſch anzuſehen; daher wird auch beym Anſtoße der Kugel an die Bande der Erfolg ſo ſeyn, wie er nach §. 303. und 304. ſeyn muß, und die Kugel, die z. B. in der ſchiefen Direction von F nach D (Fig. 42.) anſtößt, wird von D nach C zurücklaufen, ſo daß der Winkel FDB dem Winkel CDA gleich iſt. Bey dem Stoße der Bälle unter ſich gelten die Geſetze des Stoßes elaſtiſcher Körper (§. 299.). Wenn beyde Bälle gleiches Gewicht haben, und der ſtoßende den ruhenden gerade trifft (der volle Stoß), ſo geht der letztere in der Direction des ſtoßenden fort, und zwar mit der Geſchwindigkeit des ſtoßenden, der ſtoßende bleibt aber an der Stelle des geſtoßenen ruhig liegen, (nach §. 299. Nr. 2.); er bewegt ſich hingegen ſelbſt mit minderer Geſchwindigkeit noch fort, wenn ſein Gewicht größer iſt, als das des geſtoßenen Balles, nach (§. 299. Nr. 3.). Die ungleichartige Elaſticität des Elfenbeins und die Reibung auf der Tafel machen, daß der Erfolg nicht ganz der Theorie gemäß geſchieht. Auch findet niemals zwiſchen Bällen von ungleicher Größe ein centraler Stoß Statt, und eben daher wird das **Sprengen** der Bälle möglich, wenn die Schnelligkeit der ſtoßenden Kugel groß iſt. Wenn die ſtoßende Kugel P (Fig. 9. b) in der ſchiefen Richtung

tung Pc an die ruhende p anſtößt, ſo ziehe man durch den Berührungspunct c die Tangente eg, und durch eben den Berührungspunct und den Mittelpunct von p die Linie fd. Die Kraft Pc läßt ſich zerlegen in Pg und Pf, welche mit fd und ge parallel ſind. Wenn nun P in c anſtößt, ſo wird p, (nach §. 95.), in der Richtung cd fortgehen, oder nach cd geſchnitten werden. Es iſt aber, um ſich nicht zu verlaufen, nöthig, zu wiſſen, welche Richtung der Ball P nach vollendetem Stoße haben werde. Er hat nämlich noch die Kraft Pf übrig, mit der er nach dem Stoße von c nach e fortgeht.

§. 306. Wenn ein harter Körper auf einen weichen unbeweglichen ſtößt, ſo drängt der ſtoßende nach ſeiner vorigen Richtung in den weichen ein, ſeine Kraft wird aber immer mehr und mehr durch den Widerſtand der zu verſchiebenden Theile des weichen Körpers vermindert, und der eindringende verliert ſo nach und nach ſeine Kraft. Uebrigens ſind die Erfolge des Stoßes weicher Körper unter einander, wie die der harten.

Fünf=

Fünftes Hauptſtück.

Phänomene ſchwerer liquider Körper.

§. 307.

Die **flüſſigen** Körper ſind zwar den allgemeinen Geſetzen der Schwere unterworfen, allein der eigenthümliche Zuſtand ihrer Aggregation (§. 273.) macht beſondere Beſtimmungen nöthig. Wir handeln hier die Erſcheinungen ab, welche **tropfbare Flüſſigkeiten** oder **liquide Körper** vermöge ihrer Schwere hervorbringen, ohne uns auf die beſondere Natur derſelben einzulaſſen.

§. 308. Bey den feſten Körpern läßt ſich wegen der Stärke ihrer Cohäſion ein gemeinſchaftlicher Schwerpunct (§. 273.) annehmen und beweiſen; bey einem flüſſigen Körper kann man dies wegen des ſo äußerſt geringen Zuſammenhanges ſeiner Theile nicht thun, und man muß ihn vielmehr als eine Menge von kleinen Theilchen anſehen, die wegen ihres geringen Zuſammenhanges unabhängig von einander ihre Schwere äußern, oder wo jedes noch ſo kleine Theilchen ſeinen eignen Schwerpunct hat.

§. 309. Alle tropfbar-flüſſige Körper ſenken ſich daher jederzeit an den niedern Ort, und nehmen, wenn ſie ruhig ſtehen, jedesmal eine ſolche Lage an, daß ihre Oberfläche horizontal iſt.

§. 310.

§. 310. Ein jeder Theil einer tropfbaren gleichartigen Flüſſigkeit wird durch ſein eigenes Gewicht und durch den Druck aller übrigen Theile an ſeinem Orte erhalten, wenn die höchſte Fläche eben und waagerecht iſt, und es iſt alſo jedes ſchwere Element deſſelben in Ruhe und im Gleichgewichte.

§. 311. Jeder Theil in einer gleichartigen tropfbaren Flüſſigkeit wird von dem darüber und darunter ſtehenden Theile eben ſo ſtark gedrückt, als er ſelbſt dieſen darüber oder darunter ſtehenden Theil drückt.

§. 312. Aus dieſen beyden Sätzen (§. 310. u. 311.) folgt denn auch, daß irgend ein willkührlich angenommener Theil in einer waagerecht ſtehenden gleichartigen Flüſſigkeit, wie z. B. der in der Grenze afgd und bec (Fig. 50.) enthaltene Theil derſelben, von der darüber und darunter ſtehenden Flüſſigkeit eben ſo ſtark gedrückt werde, als er ſelbſt dieſe darüber und darunter ſtehende Flüſſigkeit drückt. Man ſtelle ſich nun an die Stelle dieſer willkührlich angenommenen Grenze eine feſte unbiegſame Röhre vor, die die Flüſſigkeit zwiſchen afgd und bec einſchließt, und dieſe Röhre drücke nicht ſtärker und nicht ſchwächer auf die darin enthaltene Flüſſigkeit, als vorher die umgebende Flüſſigkeit that, in deren Stelle ſie geſetzt wurde. Die äußere Flüſſigkeit kann nun wegfallen, ohne daß der Stand der Flüſſigkeit in der Röhre dadurch geändert wird. Dies gilt natürlicher Weiſe von allen communicirenden Röhren, ſie mögen gleich oder ungleich weit, gerade oder krumm, und mannigfaltig gegen einander geneigt ſeyn.

§. 313. Es folgt hieraus der allgemeine Satz: **Gleichartige Flüſſigkeiten ſtehen in zuſammenhängenden Röhren von jeder Geſtalt, Lage und Weite der Schenkel, in dieſen Schenkeln gleich hoch,** und ſie ſind nur dann in dieſen Schenkeln im Gleichgewichte und in Ruhe, wenn die Oberflächen der Flüſſigkeit in den Schenkeln in einerley waagerechter Ebene ſtehen.

Dieſen Satz, der ſich aus dem im §. 312. angeführten Erfahrungsſatze ſo leicht herleiten läßt, kann man auch durch das Carteſiſche Maaß der Kräfte nach Mariotte auf die im folgenden §. angeführte Weiſe darthun.

Erinnerung wegen des Falles, wenn der eine Schenkel der communicirenden Röhre ein Haarröhrchen iſt.

§. 314. Wenn in gleich weiten verbundenen Röhren die Flüſſigkeit auf der einen Seite ſteigen wollte, ſo müßte ſie auf der andern Seite in eben der Zeit eben ſo tief fallen, und die flüſſige Materie würde alſo in beyden Röhren eine gleiche Größe der Bewegung haben, weil Geſchwindigkeit und Maſſe einerley wären. Gleiche entgegengeſetzte Größen der Bewegung heben ſich aber auf, und man ſieht alſo leicht, daß die Flüſſigkeit den waagerechten Stand annehmen müſſe, wenn die Röhren gleich weit ſind. Aber eben ſo leicht läßt es ſich auch bey zuſammenhängenden Röhren von ungleicher Weite beweiſen, daß Flüſſigkeiten von einerley Art darin nicht eher in Ruhe kommen, bis ſie gleich hoch darin ſtehen. Denn geſetzt, die eine Röhre hätte zehnmal ſo viel Grundfläche als die andere, ſo wird in jener die zehnfache Maſſe in eben der Zeit in den einfachen Raum fallen

müſſen,

müſſen, in welcher in dieſer die einfache Maſſe den zehnfachen Raum in die Höhe ſteigt; denn wenn es z. B. in der weitern um einen Zoll fallen ſollte, ſo müßte es in der engern um zehn Zoll ſteigen, und zwar in einerley Zeit; es ſind alſo hier, und in jedem andern Falle, Maſſen und Geſchwindigkeiten einander umgekehrt proportional, folglich haben ſie gleiche Größe der Bewegung, und die gleichen entgegengeſetzten Kräfte heben ſich auf. Die Flüſſigkeiten einerley Art müſſen alſo auch in ungleichen Röhren gleich hoch ſtehen und ſich einander das Gleichgewicht halten.

§. 315. Da alſo weniges Waſſer in einem engern Schenkel der Röhre das Gleichgewicht hält mit vielem Waſſer in dem andern weitern Schenkel, ſo iſt leicht einzuſehen, daß es auch das Gleichgewicht halten wird mit einem jeden andern Körper, der eben ſo viel Gewicht hat, als das in dem weitern Schenkel enthaltene Waſſer.

Wenn in die communicirende Röhre ABCD (Fig. 51.) Waſſer gefüllt wird, ſo wird dieſes Waſſer nur dann darin ruhig ſtehen, wenn es in beyden Schenkeln gleich hoch iſt, obgleich dieſe Schenkel ungleich weit ſind (§ 313.). Geſetzt, daß es in dem engern Schenkel AB bis ab ſtehe, ſo wird es auch in dem weitern Schenkel CD bis cd in einerley Horizontalebene mit ab ſtehen müſſen: ſonſt iſt kein Gleichgewicht und keine Ruhe da. Die Waſſerſäule ab hält alſo der, ungleich mehr wiegenden, Waſſerſäule cd das Gleichgewicht, wenn ihre Oberflächen nur in einerley Horizontalebene liegen. Wenn nun in dem cylindriſchen Schenkel CD, ſtatt des Waſſers von der Höhe ce und der Grundfläche ef, ein feſter Körper läge, der an den Wänden des Schenkels eben ſo leicht auf- und abglitſchte, als Waſſer, und doch genau an die Wände anſchlöſſe; ſo iſt leicht einzuſehen, daß, wenn dieſer feſte Körper eben ſo viel wöge, als das Waſſer in dem Raume cdef, er das unterhalb ef liegende Waſſer nicht ſtärker und nicht ſchwächer drücken würde, als vorher das Waſſer in cdef that. Da nun das Waſſer in dem engern Schenkel AB vorher das Gleichgewicht hielt mit dem Waſſer in dem weitern

Schenkel CD, und alſo auch mit dem in cdef enthaltenen, ſo wird es auch das Gleichgewicht halten mit dem an die Stelle des Waſſers in cdef geſetzten, und gleich wiegenden, feſten Körper.

Man ſieht leicht, daß dies von jeder Weite des Schenkels CD gelte, und daß alſo ſehr weniges Waſſer in AB mit ſehr vielem in CD, und folglich mit jedem an die Stelle des Waſſers angenommenen und mit demſelben gleich wiegenden Körper, das Gleichgewicht halten könne.

§. 316. Wenn der eine Schenkel der Röhre tiefer abgeſchnitten iſt, als der andere, ſo wird das Waſſer aus dem kürzern beſtändig ausfließen, wenn der andere damit höher gefüllt iſt, ſo lange bis die Waſſerflächen in beyden gleich hoch ſtehen. Verſieht man aber den kürzern Schenkel mit einer engen Oeffnung, ſo ſpringt das Waſſer mit Gewalt daraus in die Höhe, wenn die Waſſerfläche in dem längern Schenkel höher ſteht. Wenn das hervorſpringende Waſſer ſich nicht in Tropfen zertheilte, ſo müßte der hervorſpringende Waſſerſtrahl eben ſo hoch ſteigen, als die Waſſerfläche in der weitern Röhre liegt.

Verſuche mit allerley hiernach angelegten kleinen Springbrunnen; und Anwendung auf größere Fontainen.

§. 317. Wenn communicirende Röhren von gleicher oder ungleicher Weite mit einer Flüſſigkeit gefüllt ſind, und es wird der eine Schenkel abgeſchnitten, und die Mündung mit einem Deckel verſchloſſen, ſo erleidet dieſer Deckel von unten her von dem darunter ſtehenden Waſſer einen Druck, der gleich iſt dem Drucke einer Waſſerſäule, welche dieſen Deckel zur Grundfläche und die Höhe des Waſſers in dem längern Schenkel über dem im kürzern Schenkel zur Höhe hätte. Weniges Waſſer kann ſolcher Geſtalt auch einen ſehr großen Druck nach oben zu ausüben.

Es ſey bey einer communicirenden Röhre von ungleich weiten Schenkeln (Fig. 52.) der weitere Schenkel ED in CD abgeſchnitten und mit einem genau ſchließenden feſten Deckel an der Mündung CD verſehen. Der engere Schenkel AB ſey bis ab mit Waſſer gefüllt. Dieſes Waſſer würde, nach den vorhergehenden Sätzen, das Gleichgewicht halten mit dem Waſſer, das in dem weitern Schenkel ED bis d reichte, wenn er bis dahin verlängert und in CD mit keinem Deckel geſchloſſen wäre. Dann würde die Waſſerfläche in CD einen Druck erleiden, der dem Gewichte einer Waſſerſäule gleich wäre, die CD zur Grundfläche und Cc oder Dd zur Höhe hätte. So ſtark aber, als die Waſſerſäule cdCD über der Fläche CD abwärts drückt, ſo ſtark muß das Waſſer unterhalb der Fläche CD aufwärts drücken; denn ſonſt wäre kein Gleichgewicht des Waſſers in dieſem weiten Schenkel mit dem im engen Schenkel, bey gleicher Horizontalfläche abcd. Wird nun in CD ein feſter Deckel angenommen, und reicht das Waſſer im engern Schenkel bis ab, ſo wird der Deckel auch von unten her einen Druck erleiden, der gleich iſt dem Gewichte einer Waſſerſäule, die CD zur Grundfläche und Cc zur Höhe hat.

Dieſer Schluß gilt, ſo weit auch CD in Vergleichung mit dem engern Schenkel AB angenommen wird, und man ſieht alſo, daß ſehr weniges Waſſer in AB einen ſehr großen Druck in CD nach oben zu ausüben kann.

So leidet auch nach eben dieſen Schlüſſen der obere Theil der Wand ef der communicirenden Röhre (Fig. 52.), die bis ab mit Waſſer gefüllt iſt, einen Druck nach oben, der gleich iſt dem Drucke einer Waſſerſäule, welche ef zur Grundfläche und eb oder fc zur Höhe hat.

Dies iſt auch der Fall von jedem andern unregelmäßig gebildeten Gefäße. Es ſey (Fig. 53.) ABCdek ein ſolches Gefäß im ſenkrechten Durchſchnitte, und es ſey bis A mit Waſſer gefüllt und ganz verſchloſſen. Der Theil cd des Gefäßes wird einen Druck nach oben erleiden, der dem Gewichte der Waſſerſäule gleich iſt, die cd zur Grundfläche und db zur Höhe hat; denn wenn cd offen wäre, und eine Röhre fbcd darüber ſtünde, ſo würde in derſelben das Waſſer bis bf ſtehen, wenn es in A ſo hoch ſtünde, und die Fläche cd würde dadurch ſo ſtark gedrückt werden, als dieſe Waſſerſäule drücken würde, folglich auch eben ſo ſtark entgegen drücken. kg muß einen Druck nach oben zu erleiden, der dem Gewichte einer Waſſerſäule gleich iſt, die kg zur Grundfläche und kl oder gf zur Höhe hat. Endlich die geneigte Wand Ak leidet einen Druck nach oben, der gleich iſt dem Gewichte einer Waſſerſäule, die hk zur Grundfläche und ½ kl zur Höhe hat.

Hierauf gründet ſich auch

1) 's Graveſande's *follis hydroſtaticus* (Elem. phyſ. mathemat. L. II. c. 2. Exp. 5. §. 729. *Muſchenbroek* introd. ad philoſ. nat. T. II. §. 1283.)

2)

2) Wolfs anatomiſcher Heber (Nützliche Verſuche Th. I. Kap. 3. §. 58.)

§. 318. Es leidet wohl keinen Zweifel, daß der Druck einer tropfbaren Flüſſigkeit gegen den Boden zunehmen müſſe, wenn die Höhe derſelben in einem Gefäße zunimmt; und eben ſo iſt auch klar, daß, wenn die Grundfläche des Gefäßes vergrößert wird, bey derſelbigen Höhe um ſo mehr Waſſer in das Gefäß geht, als die Vergrößerung der Grundfläche beträgt, folglich der Druck gegen den Boden ebenfalls auch zunimmt, wie die Grundfläche. Aus beydem folgt alſo: daß der ſenkrechte Druck der tropfbaren flüſſigen Körper in einem zuſammengeſetzten Verhältniſſe ihrer ſenkrechten Höhen und Grundflächen ſey.

§. 319. Auch in einem unregelmäßig gebildeten Gefäße drückt eine tropfbare Flüſſigkeit gegen den Boden ſo ſtark, als das Gewicht einer ſenkrechten Waſſerſäule drücken würde, die den Boden zur Grundfläche und die perpendiculäre Höhe der Flüſſigkeit im Gefäße zur Höhe hätte.

Wenn das Gefäß ABCdegk (Fig. 53.) mit Waſſer bis A gefüllt iſt, ſo leidet der Boden BC einen Druck, der dem Gewichte einer Waſſerſäule gleich iſt, die BC zur Grundfläche und AB oder bC zur Höhe hat. Der Theil deſſelben Cm zum Beyſpiele, leidet einen Druck, als wenn eine Waſſerſäule fbmC über ihm ſtünde. Denn cd wird nach oben zu ſo ſtark gedrückt, als das Gewicht der Waſſerſäule fbcd beträgt, wie aus dem vorigen §. 317. bekannt iſt. Da aber der Theil der Wand cd feſt genug angenommen wird, um dieſem aufwärts gerichteten Drucke völlig zu widerſtehen, ſo muß er auf das unter ihm befindliche Waſſer eben ſo ſtark zurückwirken, und zu dem Drucke der Waſſerſäule cdmC gegen mC zu muß alſo noch ein Druck kommen, der dem Widerſtande von der Wand cd, oder dem Drucke einer Waſſerſäule gleich iſt, die cd zur Grundfläche und db zur Höhe hat; folglich muß mC überhaupt einen

einen Druck erleiden, der dem Gewichte der Waſſerſäule fbcd + cdmC gleich iſt. So läßt es ſich nun weiter für jeden andern Theil des Bodens BC beweiſen.

Man darf aber hieraus nicht erwarten, daß das mit Waſſer ganz gefüllte Gefäß ABCdogk auf die Waagſchaale geſetzt, ſie ſo ſtark drücken werde, als ob eine Waſſerſäule darin wäre, die BC zur Grundfläche und AB oder bC zur Höhe hätte. Denn wenn gleich das Waſſer gegen den Boden des Gefäßes eben ſo ſtark ſenkrecht drückt, ſo drückt es doch auch zugleich nach oben zu, gegen cd, kg, und kA ſenkrecht; daher geht von der geſammten bewegenden Kraft des Gefäßes nach unten zu ſo viel ab, als die entgegengeſetzte nach oben zu beträgt.

§. 320. Der Druck des Waſſers auf den Boden eines Gefäßes richtet ſich alſo nicht nach der Waſſermenge im Gefäße, ſondern bloß nach der ſenkrechten Höhe des Waſſers über dem Boden und der Grundfläche deſſelben; und jeder Theil des Bodens leidet den Druck einer Waſſerſäule, deren Grundfläche dieſer Theil und deren Höhe die ſenkrechte Tiefe dieſes Theils unter der Oberfläche des Waſſers iſt.

§. 321. Wenn man in ein Gefäß, das mit Waſſer gefüllt und oben offen iſt, zur Seite mehrere kleine Oeffnungen über einander macht, ſo ſpringt das Waſſer mit mehr oder weniger Gewalt zur Seite heraus, und zwar um deſto ſtärker, je näher die Oeffnung nach dem Boden zu liegt, oder je höher die darüber ſtehende Waſſerſäule iſt.

§. 322. Wir müſſen aus dieſem Verſuche ſchließen, daß der Druck des Waſſers ſich nicht allein unterwärts nach dem Boden des Gefäßes zu äußere, ſondern auch zur Seite auf die Wände des Gefäßes; und daß dieſer Druck abnehme, wie die Höhe des Waſſers abnimmt. Jeder Punct der Seitenfläche

eines

eines mit Waſſer gefüllten Gefäßes leidet einen Druck, der gleich iſt dem Gewichte einer Waſſerſäule, deren Grundfläche dieſem Puncte und deren Höhe der Entfernung dieſes Punctes der Seitenwand in lothrechter Linie von der Oberfläche des Waſſers gleich iſt: oder jeder Theil der Seitenwand leidet einen Druck, wie eine ihm gleiche Fläche, wenn dieſe in derſelben Tiefe horizontal gehalten würde; nur muß dieſer Theil klein genug genommen werden.

Es ſey ein cubiſches Gefäß ABCD (Fig. 54.) mit Waſſer bis AC gefüllt, ſo kann man ſich dieſes Waſſer in lauter gleich hohe, mit dem horizontalen Boden BD parallel laufende, Schichten getheilt vorſtellen. Die höher liegenden Schichten preſſen auf die untern mit einer Kraft, die der Summe ihrer Gewichte gleich iſt. So hat die Schicht abcd das Gewicht der Schicht ACab zu tragen; die Schicht cdef hat das Gewicht der Schicht abcd, aber auch zugleich dadurch das Gewicht der Schicht ACab zu tragen, u. ſ. f. Es iſt nun klar, daß z. B. die Waſſerſchicht cdef von den darüber liegenden Schichten eben ſo gepreßt wird, als ob ein feſter ſchwerer Körper von dem Gewichte der Waſſerſäule ACcd darüber läge und allenthalben gleichförmig auf die Fläche cd drückte. Da das Waſſer ſo große Verſchiebbarkeit ſeiner Theile hat, und der Boden des Gefäßes widerſtehend angenommen wird, ſo muß ſich ſeine Preſſung, die es von oben her erleidet, nach den Seitenwänden fortpflanzen. Da nun der Druck von oben her zunimmt, je niedriger die Schichten gegen den Boden zu liegen, ſo muß auch dieſer Seitendruck des Waſſers zunehmen. Wenn in km eine communicirende Röhre kmpq angeſetzt wäre, und das Stück km der Seitenwand wäre weggenommen, ſo würde die Röhre bis an die Horizontalfläche AC auch mit Waſſer angefüllt ſeyn müſſen, damit daſſelbe dem in AC über lm das Gleichgewicht hielte. Würde nun das Stück km der Seitenwand wieder eingeſetzt, ſo würde es von dem umgebenden Waſſer unſtreitig einen Druck erleiden, der dem Drucke einer Waſſerſäule gleich wäre, die km zur Grundfläche und die Höhe von der Mitte zwiſchen k und m bis C hätte. Denn da k höher liegt, als m, ſo muß km entweder unendlich klein, oder es muß die Mitte zwiſchen k und m als der unterſte Punct der Höhe genommen werden.

§. 323. Dieſer Druck des Waſſers auf die Seitenflächen eines Gefäßes nimmt von oben in arithme-

tiſcher

tiſcher Progreſſion zu. Iſt ein cubiſches Gefäß mit Waſſer ganz erfüllt, ſo beträgt der Druck des Waſſers gegen eine ganze Seitenfläche des Gefäßes halb ſo viel, als gegen den Boden; und gegen alle vier Flächen noch einmal ſo viel als gegen den Boden.

Es ſey das cubiſche Gefäß ACBD (Fig. 54.) mit Waſſer angefüllt, ſo iſt der Druck gegen den Boden gleich dem Drucke einer Waſſerſäule, die BD zur Grundfläche und BA zur Höhe hat (§. 320.); der Druck gegen die Seitenwand AB aber iſt gleich dem Drucke einer Waſſerſäule, die AB zur Grundfläche und ½ AB zur Höhe hat (§. 322. Anm.): folglich iſt dieſer Druck gegen AB halb ſo groß, als gegen BD.

§. 324. Auf dieſen Seitendruck der tropfbaren Flüſſigkeiten und die Zunahme deſſelben, ſo wie die Tiefe gegen den Boden zu zunimmt, gründen ſich eben, die im §. 321. angeführte Erfahrung und andere Phänomene.

1) **Segners hydrauliſche Maſchine**, die durch den Seitendruck des Waſſers in Bewegung geſetzt wird.

2) In eine oben offene Glasröhre, an deren untere Oeffnung eine mit einer Flüſſigkeit gefüllte Blaſe gebunden iſt, ſteigt dieſe Flüſſigkeit in die Höhe, wenn die Blaſe und Röhre in Waſſer getaucht werden, und ſteigt deſto höher, je tiefer ſie getaucht werden.

3) Eine leere verſtopfte, dünne, gläſerne Flaſche, mit platten Seitenflächen, zerbricht durch den Seitendruck des Waſſers, wenn man ſie tief in daſſelbe taucht.

§. 325. Aus allen bisher vorgetragenen Sätzen folgt nun, daß eine tropfbare Flüſſigkeit unterhalb

ihrer Oberfläche nach allen möglichen Richtungen drü⸗cke, nach oben (§. 317.), nach unten (§. 318.) und zur Seite (§. 322.).

§. 326. Wenn eine Flüſſigkeit ſchwererer Art auf eine andere Flüſſigkeit leichterer Art, (mit der ſie ſich nicht chemiſch verbindet, oder von der ſie nicht aufgelöſ't wird,) gegoſſen wird, ſo iſt, der Erfahrung zu Folge, kein Zweifel, daß ſie die untere nicht aus ih⸗rer Stelle verdrängen wird, oder daß dieſe, ehe alles in Ruhe gekommen iſt, nicht in den obern Theil des Gefäßes von der ſchwerern hinaufgedrückt würde. Allein wenn man eine ſchwerere flüſſige Materie auf eine andere leichtere ſo gießen könnte, daß beyder Oberflächen vollkommen waagerecht blieben, ſo iſt kein Grund vorhanden, warum die ſchwerere nach unten zu gehen ſollte. Denn ſie würde in allen Punc⸗ten gleich ſtark drücken, und die untere leichtere Flüſ⸗ſigkeit könnte alſo in keinem Puncte nach oben zu aus⸗weichen, und auch nicht nach den übrigen Seiten zu wegen des Gefäßes.

§. 327. Wenn man aber den ſchwerern flüſſi⸗gen Körper zu dem leichtern ſchüttet, ſo kann dies nie in der Art geſchehen, daß die Oberflächen horizontal bleiben, und wegen des ſtärkern Drucks der ſchwe⸗rern Säulen der ſchwerern Flüſſigkeit muß der leich⸗tere zur Seite empor gehoben werden und ſich über den ſchwerern ergießen, und es kommt nicht eher Ru⸗he und Gleichgewicht der Theile, bis der leichtere nach oben zu ſteht und jede Flüſſigkeit eine horizontale Fläche erhalten hat.

§. 328. So ſteigen alſo leichtere Flüſſigkeiten durch ſchwerere, (von denen ſie nicht, oder nicht gleich aufgelöſ't werden,) in die Höhe, und ſtellen ſich endlich nach ihrem verſchiedenen eigenthümlichen Gewichte ſo über einander, daß jede eine horizontale Oberfläche hat.

Beyſpiele: an der ſo genannten Elementarwelt aus Queckſilber, der Auflöſung des Gewächsalkali im Waſſer, Weingeiſt und Steinöhl; an dem Paſſevin, oder der ſcheinbaren Verwandlung des Waſſers in Wein.

§. 329. Wenn zuſammenhängende Röhren mit Flüſſigkeiten von verſchiedener Art und verſchiedenem eigenthümlichen Gewichte angefüllt werden, ſo wird die ſchwerere Säule, die bey gleichem Raumesinhalte mehr Gewicht hat, ſtärker drücken, als die andere. Wenn ſie aber im Gleichgewichte gegen einander ſeyn ſollen, ſo müſſen ihre Gewichte gleich groß ſeyn. Es wird alſo die flüſſige Materie leichterer Art ſo vielmal höher ſtehen, als die von ſchwererer Art, ſo vielmal die letztere die erſtere an ſpecifiſchem Gewichte übertrifft; oder: **Der ſenkrechte Druck der Flüſſigkeiten von verſchiedenem eigenthümlichen Gewichte gegen einander iſt im Verhältniſſe ihrer ſpecifiſchen Gewichte, und ſie ſtehen in zuſammenhängenden Röhren im Gleichgewichte, wenn ihre Höhen ſich umgekehrt wie ihre ſpecifiſchen Gewichte verhalten.**

Beſtätigung durch Verſuche in zuſammenhängenden Röhren mit Queckſilber und Waſſer.

§. 330. Eben dies erfolgt, wenn auch die Röhren nicht gleich weit ſind. — Man kann alſo leicht

die

die Höhen zweyer flüſſigen Körper von verſchiedenem eigenthümlichen Gewichte, die ſie in zuſammenhängenden Röhren haben, beſtimmen, wenn man nur das Verhältniß ihrer eigenthümlichen Gewichte weiß; und ſo kann man auch aus der Höhe einer Flüſſigkeit gegen das Waſſer den Unterſchied des eigenthümlichen Gewichts oder der Dichtigkeit zwiſchen beyden finden. Wegen des verſchiedenen Cohärirens der Flüſſigkeiten mit den Gefäßen iſt indeſſen dieſe Beſtimmungsart nicht genau und ſcharf genug.

§. 331. Ein feſter Körper ſchwererer Art ſinkt in einem flüſſigen leichterer Art unter. Denn wir können uns vorſtellen, daß die Flüſſigkeit aus lauter neben einander befindlichen Waſſerſäulen beſtehe, die dann im Gleichgewichte gegen einander ſind, wenn ihre Oberflächen in einerley Horizontalebene liegen. Wird nun ein ſchwerer feſter Körper darauf gelegt, ſo nimmt natürlicher Weiſe der Druck der unter ihm befindlichen Waſſerſäule durch ſein eigenes Gewicht zu, und die Waſſerſäulen zur Seite müſſen in die Höhe ſteigen, um das Gleichgewicht hervorzubringen, und ſie müſſen höher ſteigen, als die Horizontalebene in der Oberfläche des feſten ſchweren Körpers beträgt, (nach §. 329.). Da aber der Druck des Waſſers auch ſeitwärts Statt findet, ſo fließen dieſe höher geſtiegenen Waſſerſäulen zur Seite über den tiefer liegenden feſten Körper her: dadurch wird das Gleichgewicht natürlicher Weiſe immer wieder aufgehoben, und der feſte ſchwerere Körper ſinkt bis auf den Boden des Gefäßes hinab, und dann ſetzt ſich erſt das Waſſer ins

Gleich-

Gleichgewicht oder nimmt eine horizontale Oberflä⸗che an.

Wie die Kreiſe auf der Waſſerfläche von einem hineingeworfe⸗nen Steine entſtehen.

§. 332. Wenn der ſchwerere feſte Körper in den leichtern flüſſigen eingetaucht wird, ſo ſinkt er darin nicht mit ſeiner ganzen Kraft der Schwere. Denn an dem Orte, worein er jezt eingetaucht iſt, war vor⸗her ſo viel Waſſer, als in den Raum des feſten Kör⸗pers geht, und das ganze Gewicht dieſes Waſſers wurde von der übrigen Flüſſigkeit getragen (§. 310.). Es wird alſo auch durch den Gegendruck der Flüſſig⸗keit von dem abſoluten Gewichte oder von der Größe des Druckes des ſchwerern feſten Körpers ſo viel auf⸗gehoben und gewiſſer Maßen vernichtet, als das abſo⸗lute Gewicht oder die Größe des Druckes eines eben ſo großen Waſſerklumpens beträgt, und er ſinkt da⸗her nicht mit ſeiner ganzen Kraft oder ſeinem ganzen Gewichte, ſondern nur mit dem Theile, welcher übrig bleibt, wenn man von ſeinem abſoluten Gewichte das abſolute Gewicht eines eben ſo großen Waſſerklum⸗pens abzieht. Dieſen übrig bleibenden Theil ſeines Druckes nennt man ſein **reſpectives Gewicht** (Pondus reſpectivum).

Vom Satze der Alten: Liquida non gravitant in propriis locis.

Warum ein Eimer voll Waſſer, den man aus einem Brunnen zieht, ſich leicht heben läßt, wenn er noch unter dem Waſſer iſt, und erſt dann ſein völliges Gewicht zeigt, wenn er au⸗ßer dem Waſſer iſt.

§. 333. **Ein feſter Körper ſchwererer Art ſinkt daher in einem flüſſigen leichterer Art mit ſeinem reſpec⸗**

reſpectiven Gewichte (§. 332.) zu Boden, und verliert, wenn er darein verſenkt wird, ſo viel von ſeinem abſoluten Gewichte, als der flüſſige Körper wiegt, der ſeinen Raum erfüllen würde, und den er aus der Stelle treibt.

Beſtätigung durch Verſuche: Ein metallener Würfel, der an einem Pferdehaare an einer Waage hängt, wird im Waſſer gewogen, und er braucht ſo viel weniger Gegengewicht, als vorher in der Luft, um im Gleichgewichte erhalten zu werden, als das Waſſer wiegt, welches mit dem Würfel von gleichem Umfange iſt, oder welches in einen Eimer geht, worein der Würfel genau paßt.

§. 334. Schwere feſte Körper von gleichem Volum verlieren in einerley leichterm flüſſigen Körper gleiche Summen von ihrem abſoluten Gewichte, ihr eigenthümliches Gewicht mag verſchieden oder einerley ſeyn. Ihr reſpectives Gewicht, welches übrig bleibt, iſt aber freylich nach Verhältniß ihrer eigenthümlichen Gewichte verſchieden.

Beſtätigung durch Verſuche mit einem zinnernen und einem bleyernen Würfel, deren jeder einen rheinl. Decimal-Cubikzoll groß iſt und die gleich viel in einerley Flüſſigkeit verlieren, aber ungleiches reſpectives Gewicht übrig behalten, mit dem ſie zu ſinken ſtreben.

§. 335. Bey ſchweren feſten Körpern von ungleichem Raumesinhalte und einerley abſolutem Gewichte verliert der größere Körper mehr, als der kleinere; oder, welches einerley iſt, der, welcher das größere eigenthümliche Gewicht hat, verliert weniger, als der, welcher das geringere beſitzt.

Beſtätigung durch Verſuche mit einer elfenbeinernen Kugel und einer Bleykugel, die beyde gleich viel wiegen, aber ungleich viel beym Waſſerwägen verlieren. Die größere elfenbeinerne Kugel verliert mehr, als die kleinere Bleykugel.

§. 336. Einerley feſter Körper verliert in leichtern Flüſſigkeiten von verſchiedenem eigenthümlichen Gewichte

Gewichte ungleich viel von ſeinem abſoluten Gewichte; in den dichtern oder ſchwerern mehr, als in den dünnern oder leichtern. Die Gewichtsverluſte verhalten ſich wie die eigenthümlichen Gewichte der Flüſſigkeiten.

Verſuche mit Salzſoole, Waſſer, Wein, Weingeiſt, u. dergl., worin einerley feſter Körper ungleich viel verliert.

Anwendung hiervon auf Flüſſigkeiten einerley Art, die eine verſchiedene Wärme haben.

§. 337. Ueberhaupt verhalten ſich die Gewichtsverluſte feſter Körper in Flüſſigkeiten, worein ſie ſich eintauchen, wie die Producte aus ihrem Volum mit dem eigenthümlichen Gewichte der Flüſſigkeit.

§. 338. Ein feſter Körper, welcher mit einer Flüſſigkeit gleiches eigenthümliches Gewicht hat, muß in derſelben nothwendig ſein ganzes Gewicht verlieren, und ſein reſpectives Gewicht (§. 332.) wird alſo = o ſeyn. Er wird alſo, in die Flüſſigkeit verſenkt, weder ſinken noch ſteigen, ſondern ruhig ſchweben.

Verſuche mit einem Eye, das in reinem Waſſer ſinkt, in Salzſoole ſchwimmt, in der Vermiſchung von beyden nach einem richtigen Verhältniſſe aber ſchwebt.

§. 339. Die flüſſige Materie, worein ein feſter Körper gehängt wird, nimmt in ihrem Drucke nach unten um ſo viel zu, als der feſte Körper davon verliert, oder als die flüſſige Materie wiegt, die in den Raum geht, welchen der Körper einnimmt.

Verſuch: Ein metallener Würfel von der Größe eines Cubikzolles wird an einem Faden hängend in Waſſer gehalten, das in einem Trinkglaſe auf einer Waagſchaale ſteht und an der Waage ins Gleichgewicht geſetzt war. Das Gleichgewicht wird geſtört, und das Waſſer drückt nun die Waagſchaale genau um ſo viel ſtärker, als es drücken würde, wenn

wenn noch ein Cubikzoll Waſſer hinzukäme. Der Faden hat nur noch das reſpective Gewicht des Würfels zu tragen.

§. 340. Das Gewicht, welches der ſchwere feſte Körper im Waſſer verliert (§. 332.), geht alſo nicht verloren, ſondern wird vom Waſſer gewonnen. Es iſt nämlich jetzt eben ſo gut, als ob noch ſo viel Waſſer hinzukäme, als in das Volum des feſten Körpers geht; und die Höhe der Flüſſigkeit nimmt um ſo viel in dem Gefäße zu, als ſie zunehmen würde, wenn eben ſo viel Waſſer dem Raume nach hinzukäme. Mit der Zunahme der Höhe bey gleicher Grundfläche der Flüſſigkeit wächſt aber auch der Druck gegen den Boden.

§. 341. Ein feſter Körper leichterer Art wiegt weniger, als die flüſſige Materie ſchwererer Art, die mit ihm gleichen Raum erfüllt (§. 211.). Es iſt daher ſchlechterdings unmöglich, daß er darin unterſinken ſollte, weil der Klumpen der flüſſigen Materie, den er aus der Stelle treiben müßte, ſtärker drückt, als er ſelbſt, und er muß alſo darauf **ſchwimmen**. Wird aber der leichtere feſte Körper auf die Oberfläche der flüſſigen Materie gelegt, **ſo muß er ſich darein ſo tief eintauchen, bis die Menge der von ihm verdrängten Flüſſigkeit ihm am Gewichte gleich iſt.** Denn wenn man ihn auf die Flüſſigkeit ſetzt, ſo drückt er doch vermöge ſeines eigenen Gewichts auf die unter ihm ſtehende Säule der Flüſſigkeit, und das Gewicht dieſer Säule wird dadurch vermehrt; ſie ſenkt ſich alſo ſo tief ein, bis ſie die Höhe hat, daß ſie mit dem darauf liegenden feſten Körper das Gleichgewicht mit

den

den benachbarten Säulen der Flüſſigkeit hält. Wer ſieht alſo nicht, daß der feſte Körper eintauchen müſſe, und zwar ſo tief, bis das aus der Stelle getriebenen Waſſer eben ſo viel wiegt, als der ganze Körper?

§. 342. Der eingetauchte Theil des ſchwimmenden Körpers verhält ſich zum Ganzen wie das eigenthümliche Gewicht des ſchwimmenden Körpers zu dem der Flüſſigkeit.

§. 343. Wenn zwey ſchwimmende Körper von gleichem oder verſchiedenem eigenthümlichen Gewichte einerley abſolutes Gewicht haben, ſo werden ſie ſich beyde gleich tief in einerley Flüſſigkeit eintauchen.

Dieſer Satz folgt unmittelbar aus §. 341.

§. 344. Ein feſter Körper von größerm eigenthümlichen Gewichte muß ſich bey dieſem Schwimmen in einerley Flüſſigkeit tiefer eintauchen, als ein anderer leichterer. Die Größen der eingetauchten Theile werden ſich verhalten wie die eigenthümlichen Gewichte der feſten Körper, wenn dieſe gleiche Volumina haben. Ferner einerley feſter Körper muß ſich deſto tiefer eintauchen, je leichter die Flüſſigkeit iſt, worin er ſchwimmt, und die eingetauchten Theile müſſen ſich umgekehrt verhalten wie die eigenthümlichen Gewichte der Flüſſigkeit.

Beſtätigung durch Verſuche mit gleichen Würfeln von verſchiedenen Holzarten, die alle ſpecifiſch leichter ſind, als Waſſer, aber von verſchiedenem ſpecifiſchen Gewichte, die ſich in einerley Waſſer ungleich tief beym Schwimmen eintauchen.

Verſuche mit einem und demſelben Würfel von Holz, der ſich in Weingeiſt tiefer eintaucht, als in Waſſer, in dieſes tiefer als in Salzſoole.

Verſuche mit hohlen Glaskugeln, die mit Bley beſchwert ſind und in Salzſoole ſchwimmen, aber in Waſſer ſinken, oder in Waſſer ſchwimmen, und in Salzſoole ſinken.

Anwendung davon auf das Schwimmen eines Schiffes in ſüßem Waſſer und im Seewaſſer.

§. 345. Man kann aus dieſem Grunde die eigenthümlichen Gewichte verſchiedener flüſſiger Körper, (freylich nicht mit der größten Genauigkeit,) gegen einander vergleichen, wenn man einerley leichtern feſten Körper von einer bequemen Geſtalt darin ſchwimmen läßt, und den Unterſchied der Tiefe bemerkt, um welche er ſich eintaucht. Wie ſich verhalten die Umfänge des eingetauchten Theils, ſo verhalten ſich die eigenthümlichen Gewichte der Flüſſigkeiten umgekehrt.

§. 346. Wenn das abſolute Gewicht eines beſtimmten cubiſchen Inhalts, z. B. eines Cubikzolles, Cubikfußes, u. dergl., der Flüſſigkeit, und der cubiſche Inhalt des eingetauchten Theils des ſchwimmenden Körpers bekannt iſt; ſo läßt ſich das abſolute Gewicht des ganzen ſchwimmenden Körpers daraus beſtimmen. Es iſt nämlich das abſolute Gewicht des ſchwimmenden Körpers (P) gleich der Größe des eingetauchten Theiles (I) mit dem abſoluten Gewichte (R) des beſtimmten cubiſchen Inhalts der Flüſſigkeit multiplicirt.

Es iſt alſo $P = IR$.

Es ſey z. B. die Größe des eingetauchten Theiles des in Waſſer ſchwimmenden Körpers 10 Cubikzoll (pariſ.), und das Gewicht eines Cubikzolles Waſſer 368,11 Gr. (pariſ.), ſo iſt das abſolute Gewicht des ſchwimmenden Körpers 3681,1 Gr. Der ganze Satz iſt eine natürliche Folge von §. 341.

§. 347. Wenn ferner das abſolute Gewicht eines beſtimmten cubiſchen Inhalts der Flüſſigkeit und

das

das abſolute Gewicht des ſchwimmenden Körpers bekannt iſt, ſo läßt ſich die Größe des eingetauchten Theils des letztern finden. Dieſe iſt nämlich gleich dem abſoluten Gewichte des ſchwimmenden Körpers, durch das abſolute Gewicht des beſtimmten cubiſchen Inhalts der Flüſſigkeit dividirt.

Oder es iſt $I = \frac{P}{R}$.

Es ſey das Gewicht eines Schiffes mit der Ladung, oder die Laſt mehrerer verbundener Pontons, 1000 Centner (pariſ.), ſo iſt das Volum Waſſer, das dadurch beym Schwimmen aus der Stelle gedrängt wird, oder, welches einerley iſt, das Volum, um welches ſich der ſchwimmende Körper eintaucht, ſo groß als das Volum, welches 1000 Centner Waſſer einnehmen. Wenn nun 1 Cubikfuß (pariſ.) Waſſer 70 Pfund (pariſ.) wiegt, ſo iſt die Größe des eingetauchten Theils $= \frac{110000}{70} = 1571{,}428$ Cubikfuß.

§. 348. Wenn ein feſter Körper auf einer Flüſſigkeit ſchwimmen ſoll, ſo iſt gerade nicht nöthig, daß alle ſeine Theile ein geringeres eigenthümliches Gewicht haben, als die Flüſſigkeit; ſondern es iſt nur nöthig, daß die Materie in dem ganzen Volum des Körpers nicht ſo viel wiegt, als ein gleich großes Volum der Flüſſigkeit. Es können daher ſehr wohl ſchwerere feſte Körper in leichtern Flüſſigkeiten zum Schwimmen gebracht werden, wenn ſie mit andern ungleichartigen verbunden werden, die ſpecifiſch leichter ſind, als die Flüſſigkeit, in dem Maaße, daß das Volum dieſer Verbindung nicht ſo viel wiegt, als ein eben ſo großes Volum, das mit der Flüſſigkeit erfüllt iſt.

Hierauf beruhet das Schwimmen beladener Schiffe, der Menſchen auf Blaſen, auf Schwimmgürteln, Binſen, u. dergl.; der Mechanismus des Aufſteigens und Niederſinkens der Fiſche im Waſſer; die Art, Schiffe in ſeichte Häfen zu bu-

 xiren;

ziren; das Emporkommen der Leichname Ertrunkener; das Schwimmen metallener und gläſerner Kugeln, der Bouteillen, der Pontons, u. dergl.

Die Carteſianiſchen Teufelchen.

Von dieſem bisher erwähnten Schwimmen der feſten Körper auf ſpeciſiſch ſchwerern Flüſſigkeiten, dem *Innatare fluido*, oder dem franzöſiſchen *Flotter*, iſt das *Natare* und *Nager*, oder das Schwimmen, wie der Menſchen und Thiere auf Waſſer, durch Hülfe eigener Bewegungen, zu unterſcheiden. Dieſe letztere Art des Schwimmens beruht auf dem Widerſtande, welchen die Theile der Flüſſigkeit bey ihrem Verrücken aus der Stelle entgegen ſetzen; und ſo ſchwimmen die Vögel in der ſpeciſiſch leichtern Luft, dadurch, daß ſie mit ihren Flügeln die Lufttheilchen ſchneller ſchlagen, als dieſe auszuweichen im Stande ſind. Eben darauf beruht der Mechanismus des Schwimmens der Menſchen und vierfüßigen Thiere im Waſſer. Daß die letztern leichter ſchwimmen, als Menſchen, hat vorzüglich in der Stellung ihres Kopfs und dem Ligamento nuchae ſeinen Grund, wodurch ſie nicht genöthigt werden, einen Theil ihrer Muscularkraft dahin zu verwenden, wohin ihn der Menſch verwenden muß, nämlich den Kopf aus dem Waſſer bey der horizontalen Lage des Körpers hervorragend zu machen. — Uebrigens läßt ſich leicht beweiſen, daß der ſtärkſte Mann in ſeinen Armen nicht die Muskelkraft beſitze, die nöthig wäre, um Flügel von der hinreichenden Geſchwindigkeit zu ſchwingen, um damit in der Luft fliegen zu können.

Der Körper der Menſchen iſt gewöhnlich ſpeciſiſch ſchwerer, als Waſſer. Nach Muſchenbroek (introd. ad philoſ. nat. T. II. §. 1399.) iſt ſein eigenthümliches Gewicht gegen das des Waſſers wie 1,111 zu 1,000; oder ein gleiches Volum Waſſer wiegt $\frac{1}{9}$ weniger, als der Körper des Menſchen. Beym Mechanismus des Schwimmens nun hat der Menſch nicht ſein ganzes abſolutes Gewicht im Waſſer emporzuhalten, ſondern nur ſein reſpectives Gewicht, oder dieſen Ueberſchuß ſeines abſoluten Gewichts über das abſolute Gewicht eines ſo großen Waſſervolums, als er aus der Stelle drängt, addirt zu dem Gewichte des Theils von ihm, der noch hervorragt.

Da ſich beym Hineintreten ins Waſſer die Lage des Schwerpuncts des Körpers nach oben in den Theil des Körpers erhebt, der noch hervorragt, ſo wird dadurch die Gefahr des Umſchlagens im Waſſer gar ſehr vermehrt, wenn man nur bis an den Leib oder bis an die Bruſt im Waſſer geht. Auf dieſen Umſtand müßte beym Baden in der That ſehr Rückſicht genommen werden; und Perſonen, die nicht ſchwimmen können, müßten ſich nur an ſeichten Stellen ſitzend oder liegend baden. Man leſe hierüber einen Aufſatz des Hrn. Hofr. Ebell im Neuen hannöveriſchen Magazin 1792. St. 82.

Beyſpiele von Menſchen, die meiſt eben ſo ſchwer, als Waſſer, und meiſt noch leichter, als daſſelbe wären, ſehe man bey Robertſon (in den *Philoſoph. Transact.* Vol. L. S. 30.).

Das

Das Beyſpiel von Paolo Moccia, der zwar 300 neapolitaniſche Pfund wog, aber doch noch 30 Pf. leichter war, als ein eben ſo großes Volum Waſſer, erzählt Karſten (Lehrbegriff der geſammten Mathematik. Theil III. Hydroſtatik §. 31.)

§. 349. Die Kräfte, mit welchen gleich große feſte Körper von ſchwererer Art in einer ſpecifiſch leichtern Flüſſigkeit zu Boden ſinken, verhalten ſich wie ihre reſpectiven Gewichte (§. 334.); und die Kräfte, mit welchen verſchiedene ſpecifiſch leichtere feſte Körper von gleichem Umfange in einer ſpecifiſch ſchwerern Flüſſigkeit emporſteigen, verhalten ſich wie die Differenzen des Gewichts der feſten Körper und der flüſſigen Materie, die aus der Stelle getrieben wird. Das Aufſteigen und das Niederſinken geſchieht mit gleichförmig beſchleunigter Geſchwindigkeit.

§. 350. Die ſchönſte Anwendung finden die bisher vorgetragenen Sätze von dem Drucke der tropfbar-flüſſigen Körper auf feſte in ſie eingetauchte (§. 332. ff.) an dem darauf ſich gründenden Verfahren, das eigenthümliche Gewicht feſter und flüſſiger Körper unter einander zu vergleichen. Das vorzüglichſte Werkzeug hierzu iſt die **hydroſtatiſche Waage**, die ſich eigentlich von einer gewöhnlichen Waage nur durch ihre größere Empfindlichkeit auszeichnet, ſonſt aber zu der Abſicht, feſte oder flüſſige Körper damit in flüſſiger Materie abzuwägen, eine eigenthümliche bequemere Einrichtung haben muß.

§. 351. Zur Vergleichung des eigenthümlichen Gewichts mehrerer Körper unter einander muß man das eigenthümliche Gewicht irgend eines Körpers zur

Ein-

Einheit annehmen. Man wählt dazu am bequemſten reines deſtillirtes Regen- oder Schneewaſſer, deſſen Temperatur man aber nothwendig, ſo wie der andern zu unterſuchenden Körper, beſtimmen muß, weil ſich die Dichtigkeit der Körper, wie im Folgenden weiter dargethan werden wird, nach der verſchiedenen Temperatur ſehr verändert.

Nöthige Erinnerungen wegen des Aufhängens der feſten Körper an die hydroſtatiſche Waage. Man wählt dazu Pferdehaar, deſſen eigenthümliches Gewicht von dem des Waſſers nicht ſehr verſchieden iſt.

§. 352. Um das Verhältniß des eigenthümlichen Gewichts verſchiedener flüſſiger Körper gegen reines Waſſer zu finden, bringt man einen feſten Körper, (einen ſolchen, der von den Flüſſigkeiten nicht angegriffen oder aufgelöſ't wird, am beſten eine maſſive Glaskugel,) erſt an der hydroſtatiſchen Waage hängend ins genaueſte Gleichgewicht, verſenkt ihn dann in das Waſſer, merkt genau den Verluſt, welchen er an ſeinem abſoluten Gewichte erleidet, trocknet ihn dann wieder gehörig ab, und beſtimmt mit gleicher Sorgfalt den Verluſt, welchen er in den andern zu unterſuchenden Flüſſigkeiten erleidet. Das Gewicht, das ein und eben derſelbe feſte Körper in einer jeden andern flüſſigen Materie verliert, durch das dividirt, das er im Waſſer verliert, giebt das eigenthümliche Gewicht der flüſſigen Materie gegen das zur Einheit angenommene eigenthümliche Gewicht des reinen Waſſers.

Man findet nämlich durch dieſes Verfahren das abſolute Gewicht der verſchiedenen Flüſſigkeiten und des reinen Waſſers, bey gleichem Volum, nämlich bey dem Volum des eingetauchten feſten Körpers; oder der Verluſt deſſelben an ſeinem abſoluten Gewichte in den Flüſſigkeiten iſt das Gewicht dieſer Flüſſigkeiten bey ſeinem Volum (§. 333.). Die ſpecifiſchen Gewichte dieſer Flüſſigkeiten verhalten ſich folglich wie

dieſe abſoluten Gewichte, oder wie der Verluſt des feſten Körpers in denſelben.

§. 353. So kann man auch dadurch finden, wie groß das abſolute Gewicht eines gewiſſen gegebenen Volums einer Flüſſigkeit ſey, wenn man einen ſchweren feſten Körper von dieſem gegebenen Volum in der Flüſſigkeit abwiegt und den Verluſt deſſelben darin merkt. Denn der feſte Körper verliert ſo viel von ſeinem abſoluten Gewichte, als die Flüſſigkeit wiegt, die mit ihm einerley Raum erfüllt (§. 333.).

Nach wiederhohlten Verſuchen, die ich mit dem ſel. Hrn. Hofr. Karſten angeſtellt habe, wiegt ein rheinländiſcher Decimalcubikzoll reines deſtillirtes Waſſer bey 65 Graden Fahrenh. $502\frac{11}{16}$ Gran cölln. oder $492\frac{17}{48}$ Gran im Medicinalgewichte: ein rheinl. Cubikfuß Waſſer von der genannten Temperatur wiegt alſo im cölln. Gewichte $502687\frac{1}{2}$ Gran, oder 65 Pfund, 14 L., 2 Q. $7\frac{1}{2}$ Gr.; im deutſchen Medicinalgewichte aber, (das Pfund zu 16 Unzen,) 64 Pfund, 1 Unze, 3 Drachmen, 2 Scrupel, $9\frac{1}{6}$ Gran. (Karſtens Anleitung zur gemeinnützl. Kenntniß der Natur §. 42.)

Die Angaben verſchiedener Naturforſcher über das Gewicht eines gegebenen Volums des reinen Waſſers von einer beſtimmten Temperatur ſind abweichend. Ein Haupterforderniß hierbey iſt, daß der Cubus, deſſen man ſich dazu bedient, auf das genaueſte gearbeitet ſey; denn geſetzt, daß man ſich dazu eines Würfels von 1 oder 2 Decimalcubikzollen bedient, ſo wird ein geringer Fehler bey der Beſtimmung des Gewichts des Cubikfußes Waſſer durch denſelben, 1000 oder 500 mal wiederhohlt ſchon groß ausfallen müſſen. Lulofs (Grondbeginzelen der Wynroey en Peilkunde. Leiden 1764. 8.), der nach van Swindens Zeugniſſe hierauf ſehr große Sorgfalt verwandte, und ſich auch eines größern, mit vorzüglicher Genauigkeit gearbeiteten, Würfels bediente, fand das Gewicht eines rheinl. Cubikfußes Regenwaſſer von 64° Fahrenh., 62 Pfund, 9 Unzen, 5 Drachm., 36 Gr. im Troygewichte. Dies auf cöllniſches Gewicht reducirt, weicht von der Karſtenſchen Angabe nur um weniges ab. — Ein zweyter Umſtand iſt hierbey die Genauigkeit und Richtigkeit der Gewichte, deren man ſich bedient.

Herr Schmidt (phyſ.-mathematiſche Abhandl. B. I. S. 98.) hat die Beſtimmungen mehrerer Beobachter auf gleiche Maaße und Gewichte reducirt, und darnach wiegt ein pariſer

Duode-

	Duodecimal⸗cubikzoll		Cubikfuß	
Brunnenwaſſer				
nach Wolf	371,85 Gr.	—	69,724 Pf.	(pariſ.)
Regenwaſſer				
nach Karſten	368,11 =	—	69,015 =	
nach Muſchenbroek	375,79 =	—	70,46 =	
nach 's Graveſande	377,33 =	—	70,748 =	
nach Eiſenſchmidt	369,6 =	—	69,300 =	
nach Kirwan	375,5 =	—	70,321 =	
nach Briſſon, Lavoiſier	373,33 =	—	70,000 =	
nach Schmidt	370,27 =	—	69,426 =	

§. 354. Um das eigenthümliche Gewicht ſchwerer feſter **Körper** gegen das Waſſer zu vergleichen, ſo bringe man den Körper zuerſt in der Luft ins Gleichgewicht, und beſtimme dann genau den Verluſt, den er ins Waſſer verſenkt leidet. Sein abſolutes Gewicht, durch das dividirt, das er im Waſſer verliert, giebt das Verhältniß ſeines eigenthümlichen Gewichts gegen das zur Einheit angenommene des Waſſers.

§. 355. Körper, welche ſich im Waſſer auflöſen laſſen, wiegt man entweder im ſtärkſten Weingeiſte oder in Terpentinöhle ab, auf eben die Art, wie im Waſſer. Weiß man nun das Verhältniß des eigenthümlichen Gewichts dieſer Flüſſigkeiten gegen das eigenthümliche Gewicht des Waſſers, (das man nach §. 352. ſuchen kann,) ſo kann man auch leicht das eigenthümliche Gewicht des feſten Körpers gegen das zur Einheit angenommene des Waſſers durch Rechnung finden.

§. 356. Um kleine Stücke oder ein grobes Pulver von einem Körper, deſſen eigenthümliches Gewicht größer iſt, als das des Waſſers, in Rückſicht des Verhältniſſes dieſer eigenthümlichen Gewichte zu unter⸗

unterſuchen, ſo kann man ſo verfahren: Man bringe eine kleine gläſerne Flaſche, die recht trocken iſt, an der hydroſtatiſchen Waage ins Gleichgewicht, thue den feſten Stoff hinein, merke ſein abſolutes Gewicht, fülle das Gefäß mit deſtillirtem Waſſer voll, bemerke das Gewicht von beyden zuſammen, ziehe von der Summe das Gewicht der feſten Maſſe ab; der Reſt giebt das Gewicht des Waſſers an. Man leere die gläſerne Flaſche aus, reinige ſie, fülle ſie wieder mit deſtillirtem Waſſer eben ſo hoch an als vorher, und beſtimme das Gewicht des Waſſers. Dieſes Gewicht des Waſſers von dem Gewichte des Waſſers bey der erſten Operation abgezogen, giebt im Reſte das Gewicht des Waſſers an, das vorher mit dem feſten Körper einerley Raum einnahm. Das abſolute Gewicht des feſten Körpers, durch das dividirt, das ein eben ſo großer Waſſerklumpen wiegt, giebt das Verhältniß des eigenthümlichen Gewichts des feſten Körpers gegen das zur Einheit angenommene des Waſſers. — Oder man beſtimme erſt den Verluſt eines gläſernen Eimers im Waſſer, wiege darauf den feſten Körper darin ab, merke ſein abſolutes Gewicht, verſenke den Eimer ins Waſſer, merke ſeinen Verluſt, und ziehe hiervon den Verluſt des Gewichts des Eimers ab, ſo giebt der Reſt den Verluſt des feſten Körpers allein an; und alſo, nach dem Vorhergehenden, leicht das Verhältniß ſeines eigenthümlichen Gewichts gegen das Waſſer.

Auf dieſe Weiſe läßt ſich auch das eigenthümliche Gewicht des Queckſilbers finden.

§. 357.

§. 357. Aus dem, was ein feſter Körper von ſeinem abſoluten Gewichte in einer flüſſigen Materie verliert, kann man auch ſehr leicht die Größe des feſten Körpers im Cubikmaaße finden, wenn man das abſolute Gewicht der Flüſſigkeit, das in einem gegebenen Cubikmaaße enthalten iſt, weiß. Wenn ich z. B. weiß, was ein Cubikzoll reines Waſſer wiegt, ſo iſt der feſte Körper ſo viel Cubikzoll groß, als das Gewicht eines Cubikzolles Waſſer in dem Verluſte ſeines abſoluten Gewichts in dieſem Waſſer enthalten iſt.

§. 358. Um feſte Körper, welche ſpecifiſch leichter ſind, als Waſſer, ihrem eigenthümlichen Gewichte nach gegen das Waſſer zu vergleichen, ſo kann man einen ſpecifiſch ſchwerern damit verbinden, den Verluſt beyder im Waſſer bemerken, und den Verluſt des ſchwerern allein hernach von dem Verluſte des Ganzen zuſammen abziehen, ſo wird der Reſt angeben, wie viel das Waſſer wiegt, das mit dem leichtern einerley Raum erfüllt. Das abſolute Gewicht des leichtern, durch das Gewicht dieſes gleich großen Volums vom Waſſer dividirt, giebt alsdann das Verhältniß des eigenthümlichen Gewichts des leichtern feſten Körpers gegen das zur Einheit angenommene des Waſſers.

§. 359. Wenn der Körper aus mehrern mit einander verbundenen Materien von ungleichem eigenthümlichen Gewichte beſteht, ſo erfährt man durch das Waſſerwägen nur das **mittlere** ſpecifiſche Gewicht, oder dasjenige, welches aus der gleichförmigen

Ver=

Vertheilung der aggregirten Stoffe in dem Inbegriffe des Körpers entſpringen würde. So kann auch ein Körper ſeinem ganzen Volum nach ein geringeres eigenthümliches Gewicht haben, als Waſſer, und in ſeinen eigentlichen Theilen doch ein größeres, wie es z. B. bey Holz, Holzkohlen, wegen der Luft, die ſie eingeſchloſſen enthalten, der Fall iſt.

§. 360. Eine andere Methode, die ſpecifiſchen Gewichte tropfbar-flüſſiger Dinge zu beſtimmen, giebt der Gebrauch der hydroſtatiſchen Senkwaagen oder **Areometer** (Areometra, Hygrometra), die man auch für beſondere Fälle **Salzwaagen, Bierwaagen, Branntweinwagen**, u. ſ. w. nennt. Man hat davon zweyerley Gattungen: mit **beſtändigem** und mit **veränderlichem Gewichte**. Jene nennt man auch **Areometer mit Scalen**.

§. 361. Areometer mit unveränderlichem Gewichte (§. 360.) beſtehen aus einer Röhre CD (Fig. 127. Taf. XIII.), die unten mit einem hohlen Gefäße AJB zuſammenhängt, worin ſo viel Gewicht oder beſſer Queckſilber ſich befindet, daß das Werkzeug ſich in der einen oder der andern Art von liquiden Flüſſigkeiten bis auf eine gewiſſe Tiefe ſenke. Das ganze Gewicht dieſer Senkwaage darf nicht ſo groß ſeyn, als das Gewicht eines eben ſo großen Raumesinhaltes der leichteſten unter den tropfbar-flüſſigen Materien, deren eigenthümliches Gewicht dadurch noch erforſcht werden ſoll, damit ſie darin nicht ganz unterſinke. Der Hals der Senkwaage wird in Grade

CH,

CH, HN, NP, PQ abgetheilt; die beym Schwimmen des Areometers in den zu prüfenden Flüſſigkeiten darein eingetauchten Theile, z. B. BC und BH, verhalten ſich umgekehrt wie die eigenthümlichen Gewichte dieſer Flüſſigkeiten (§. 344.), auf welchen Satz ſich der Gebrauch dieſer Senkwaagen gründet.

§. 362. Um vermittelſt dieſer Areometer (§. 361.) die Verhältniſſe der eigenthümlichen Gewichte der Flüſſigkeiten genau zu beſtimmen, iſt es nöthig: daß der Hals des Werkzeuges vollkommen cylindriſch ſey; daß es völlig ſenkrecht in den Flüſſigkeiten ſchwimme; daß das Gewicht des Areometers bekannt ſey; und endlich, daß die Abtheilungen oder Grade CH, HN, NP, PQ am Halſe deſſelben bekannte Theile dieſes Gewichts ſind. Am bequemſten iſt es, wenn die Senkwaage die Einrichtung hat, daß ſie anzeigt, wie vielmal das ſpecifiſche Gewicht des reinen Waſſers im ſpecifiſchen Gewichte der zu prüfenden flüſſigen Materie enthalten iſt. Die hierzu erforderliche Eintheilung der Röhre muß durch Verſuche und Rechnung gefunden werden. Damit die Areometer deſto empfindlicher ſind und die kleinſten Unterſchiede der eigenthümlichen Gewichte der Flüſſigkeiten anzeigen, ſo muß der Hals derſelben in Vergleichung mit dem untern Gefäße ſehr dünn ſeyn.

Tillet, in den *Mémoiros de l'academie roy. des ſciences*, vom J. 1768. S. 450.; *Le Roy*, ebendaſ. vom J. 1770. S. 528. *De Luc*, in den *philoſoph. Transact.* Vol. LXVIII. S. 500, und im *Journ. de phyſique*, T. XVIII. S. 480. *van Swinden* poſitiones phyſicae, T. II. P. I. S. 47. ff. Karſtens Anfangsgr. der mathem. Wiſſenſchaften, B. II. S. 198.

§. 363. Der letztern Bedingung wegen müßte eine Senkwaage mit einer ſehr langen Röhre verſehen ſeyn, wenn ſie zur Beſtimmung des Unterſchiedes der eigenthümlichen Gewichte aller der Flüſſigkeiten dienen ſollte, deren eigenthümliches Gewicht zwiſchen ein Paar Grenzen fällt, deren Verhältniß gegen einander wie 1 zu 2 oder nur zu $1\frac{1}{2}$ iſt, womit mehr als Eine Unbequemlichkeit verbunden ſeyn würde, zumal wenn die Abtheilungen an der Röhre das eigenthümliche Gewicht der Flüſſigkeiten nach allen zwiſchen dieſe Grenzen fallenden Stufen bis auf Tauſendtheilchen vom Gewichte einer eben ſo großen Menge reinen Waſſers anzeigen ſollten. Deshalb iſt es nöthig, mehrere dergleichen Senkwaagen zu haben, wovon der Gebrauch einer jeden für ſolche Flüſſigkeiten eingeſchränkt iſt, deren eigenthümliches Gewicht zwiſchen ein Paar engere Grenzen fällt, deren Verhältniß etwa nur wie 1 zu 1,100 iſt. Die Senkwaagen müſſen übrigens aus ſolchen Materien verfertigt ſeyn, die von den Flüſſigkeiten, zu deren Prüfung ſie beſtimmt ſind, nicht angegriffen werden; am beſten ſind ſie von Glas. Uebrigens iſt bey dem Gebrauche aller Senkwaagen zu bemerken: daß ſie ganz rein ſind; daß man genau die Stelle, bis an welche ſie ſich eintauchen, beobachte; und dann, daß die zu prüfende Flüſſigkeit eine beſtimmte Temperatur habe.

§. 364. Sonſt richtet man die Abtheilungen der Scale dieſer Areometer mit unveränderlichem Gewichte auch ſo ein, daß ſie, wie z. B. die **Branntweinwaagen oder Alcoholometer**, bey einer Miſchung von Flüſ-

ſig-

ſigkeiten gleich angeben, wie viel ſie von der einen oder der andern Flüſſigkeit enthalte; oder, wie z. B. die **Soolwaagen** oder **Salzſpindeln**, bey Auflöſungen, wie groß der Gehalt des aufgelöſ'ten Körpers in der Auflöſung ſey. Auf dieſe Weiſe wird aber der Gebrauch des Areometers ſehr eingeſchränkt.

Beſſer iſt es daher, bey gemiſchten Flüſſigkeiten die für die verſchiedenen Miſchungsverhältniſſe gehörigen ſpecifiſchen Gewichte durch genaue Verſuche zu beſtimmen und in Tabellen zu bringen, um ſo im erforderlichen Falle aus dem eigenthümlichen Gewichte der Flüſſigkeit das correſpondirende Miſchungsverhältniß zu erfahren. Wir haben dergleichen ſchon für Salzauflöſungen und Miſchungen von Alcohol und Waſſer, und ſo bedarf es dann keiner beſondern Soolwaagen und Branntweinwaagen. Ich werde ſolche Tabellen in der Folge mittheilen.

Schmidt, in Grens neuem Journ. d. Phyſ. B. III. S. 117. ff.

§. 365. Weil überhaupt aber die Verfertigung der Areometer mit Scalen, wenn ſie die eigenthümlichen Gewichte von Flüſſigkeiten genau anzeigen, und überhaupt die nach §. 362. erforderlichen Eigenſchaften haben ſollen, mit ſehr großen Schwierigkeiten verknüpft iſt; ſo kann man nicht anſtehen, der zweyten Art der Senkwaagen (§. 360.), den **Areometern mit veränderlichem Gewichte**, die man auch **Fahrenheitiſche Areometer** nennt, den Vorzug einzuräumen. Das Einfache in ihrer Conſtruction macht ſie eben ſo empfehlenswerth, als die Allgemeinheit ihres Gebrauchs. Sie laſſen ſich auch ſo einrichten, daß ſie ohne Rechnung gleich die eigenthümlichen Gewichte der dadurch zu prüfenden Flüſſigkeiten im Verhältniſſe zum Waſſer angeben. Von dieſer Art iſt das von Hrn. **Schmidt** beſchriebene und von Hrn. **Ciarcy** verfertigte Areometer, das mit Recht den

Namen

Namen eines **allgemeinen Areometers** verdient. A (Fig. 128. Taf. XIII.) iſt ein hohles birnförmiges Gefäß von Glas in ſeiner natürlichen Größe, welches oben, vermittelſt eines maſſiven Glasſtängelchens, die Schaale B trägt, unten aber durch einen etwas ſtärkern maſſiven Glasſtiel D mit einem kleinern umgekehrten birnförmigen Gefäße C verbunden iſt. Dieſes untere Gefäß wird durch eine bey C angebrachte anfänglich offene Spitze mit Queckſilber gefüllt, daß das ganze Werkzeug 700 bekannte Gewichtstheile, (halbe Grane des cöllniſchen Markgewichts,) wiegt, und es ſind noch genau 300 Gewichtstheile oben in die Schüſſel zu legen, wenn ſich das Werkzeug in Regen- oder deſtillirtes Waſſer (bey 15° R.) bis an die mit einem Zeichen verſehene Stelle E des Halſes einſenken ſoll. Es wiegt folglich das Volumen des Waſſers, das es dann aus der Stelle drängt, 1000 Gewichtstheile. Wenn man nun bey der Prüfung jeder andern Flüſſigkeit durch die Veränderung des Auflegegewichts in der Schaale es dahin bringt, daß es ſich darein bey eben der Temperatur eben ſo tief bis E einſenke, ſo giebt das aus der Schaale herausgenommene oder hinzugelegte Gewicht den Unterſchied zwiſchen dem ſpecifiſchen Gewichte der Flüſſigkeit und des Waſſers von gleicher Temperatur an. Ferner drückt die Summe der Auflegegewichte und des Gewichts des Areometers jedesmal das ſpecifiſche Gewicht der Flüſſigkeit aus, wenn das ſpecifiſche Gewicht des Waſſers = 1000 geſetzt iſt. Wenn z. B. nur 132 Gewichtstheile in die Schaale zu legen nöthig wären,

wären, damit die Senkwaage ſich bis E in die zu prüfende Flüſſigkeit eintauche, ſo wäre das eigenthümliche Gewicht derſelben zu dem des Waſſers wie 700 + 132 : 1000, das iſt, wie 0,732 : 1,000. Weil die größte Menge der Auflegegewichte nicht gut über 500 Gewichtstheile gehen darf, damit der Schwerpunct des ſo belaſteten Werkzeuges nicht zu hoch zu ſtehen komme; ſo wird noch ein zweytes nach ganz ähnlichen Grundſätzen verfertigt, das 1200 Gewichtstheile, und mit den größten Auflegegewichten über 2000 Gewichtstheile wiegt, um auch für die ſchwerſten Flüſſigkeiten zu dienen.

Beſchreibung eines ſehr bequem eingerichteten allgemeinen Aräometers, von Herrn *G. G. Schmidt*; in *Grens Journal der Phyſik*, B. VII. S. 186. ff.

Wilke, in den ſchwed. Abhandl. B. XXXII. S. 279. ff.

§. 366. Die Areometer mit veränderlichem Gewichte laſſen ſich auch zur Beſtimmung des eigenthümlichen Gewichts feſter Körper einrichten. Hierher gehört das **Nicholſonſche Areometer**, das dazu ſehr bequem eingerichtet iſt, und auch den Vortheil hat, daß dadurch jedesmal mehrere Stücke eines feſten Körpers gewogen werden können, die einzeln zu klein ſeyn würden, um mit Genauigkeit ihr ſpecifiſches Gewicht zu beſtimmen. Fig. 129. (Taf. XIII.) zeigt das Inſtrument, das aus weißem Bleche verfertigt werden kann. Es iſt ſo eingerichtet, daß es im Waſſer vertical ſchwimme, und dabey noch ein Theil des Körpers OT hervorrage. Unten iſt ein kegelförmiger Eimer E befeſtigt, in welchem, um den Schwerpunct herabzubringen, ein paſſendes coniſches Stück

Bley

Bley liegt. Es ſind alſo Auflegegewichte auf die Schaale F nöthig, damit es ſich bis an das Zeichen b des dünnen Drahtes, der die Schaale F trägt, einſenke. Dieſe Gewichte merkt man ein- für allemal. Wenn man nun einen feſten Körper, (deſſen Gewicht aber jene nicht übertreffen darf,) unterſuchen will, ſo legt man ihn auf die Mitte der leeren Schaale F des im Waſſer ſchwimmenden Inſtruments, und noch ſo viel Gewichte zu, daß die Senkwaage ſich bis e eintauche. Die zuzulegenden Gewichte abgezogen von den vorigen, ein- für allemal beſtimmten, Auflegegewichten giebt im Reſte, was der feſte Körper in der Luft wiegt. Man legt hierauf den Körper in den Eimer E, und läßt das Werkzeug wiederum im Waſſer ſchwimmen. Weil nun der Körper im Waſſer von ſeinem Gewichte verliert, ſo wird man zu den Gewichten in der Schaale noch hinzulegen müſſen, damit das Areometer ſich wiederum bis e eintauche. Dieſe zuzuſetzenden Gewichte werden anzeigen, wie viel der feſte Körper im Waſſer verliert; und das abſolute Gewicht deſſelben in der Luft, dividirt durch dieſen Verluſt im Waſſer, wird folglich angeben, wie groß ſein eigenthümliches Gewicht gegen das zur Einheit angenommene des Waſſers ſey.

Beſchreibung eines ſehr bequemen Inſtruments zur Beſtimmung des ſpecifiſchen Gewichts der Mineralien, von Hrn. *Haüy*, in *Grens Journ. d. Phyſ.* B. V. S. 502. ff.

§. 367. Das Abwägen der Flüſſigkeiten in einem Gefäße, das genau bis zu einerley Höhe damit gefüllt wird, giebt noch eine Methode zur Beſtimmung des

eigenthümlichen Gewichts derſelben, weil ſich dieſes verhält, wie die abſoluten Gewichte bey gleichem Volum. Indeſſen gewährt dieſe Methode doch keine große Genauigkeit und iſt leicht Irrthümern unterworfen.

§. 368. Folgende Tabelle giebt das eigenthümliche Gewicht mehrerer Materien gegen das zur Einheit angenommene des reinen Waſſers an:

1) Metalle.

Platin, geſchmiedet - -	21,061	(Sickingen)
— geſchmolzen - -	19,500	(Briſſon)
— geſchmiedet - -	20,336	- -
— zu Draht gezogen -	21,041	- -
— in Blechen - -	22,069	- -
Gold, - - - -	19,640	(Muſchenbroek)
— gegoſſen - - -	19,258	(Briſſon)
— gehämmert - -	19,361	- -
Silber, - - - -	10,542	(Muſchenbroek)
— gegoſſen - - -	10,474	(Briſſon)
— gehämmert - -	10,510	- -
Kupfer, gegoſſen - -	7,788	- -
— zu Draht gezogen -	8,878	- -
— japaniſches, gegoſſen -	8,726	(Muſchenbroek)
— — geſchmiedet -	9,000	- -
Eiſen, Roheiſen - -	7,207	(Briſſon)
— Stangeneiſen - -	7,788	- -
— — ſchwed. - -	7,765	(Muſchenbroek)
— Stahl - - -	7,833	(Briſſon)
— — geſchmiedet, nicht gehärtet -	7,840	- -
— — — und gehärtet	7,810	- -
Zinn, von Cornwall, gegoſſen	7,291	- -
— — — gehämmert	7,299	- -
— von Malacca, gegoſſen	7,296	- -
— — — —	7,331	(Muſchenbroek)
— — — gehämmert	7,306	(Briſſon)
— von Bancas - -	7,216	(Muſchenbroek)
Bley, gegoſſen - - -	11,352	(Briſſon)

Bley, gegoſſen		11,445	(Muſchenbroek)
Zink, gegoſſen		7,190	(Briſſon)
— Goslarſcher		7,215	(Muſchenbroek)
Wismuth, gegoſſen		9,822	(Briſſon)
— —		9,670	(Bergmann)
Kobalt, gegoſſen		7,811	(Briſſon)
— —		7,700	(Bergmann)
Spießglanz, gegoſſen		6,702	(Briſſon)
— —		6,860	(Bergmann)
— —		6,852	(Muſchenbroek)
Arſenik		8,308	(Bergmann)
Nickel, gegoſſen		9,000	- -
Magneſium		6,850	- -
Queckſilber		13,550	(Muſchenbroek)
—		14,110	- -
—		13,568	(Briſſon)
— nach der Mittelzahl aller Verſuche von Muſchenbroek		13,674	

2) Erden und Steine.

Kreide		2,315	(Kirwan)
—		2,252	(Muſchenbroek)
Dichter Kalkſtein		1,386	
	bis	2,7..	(Kirwan)
Körniger Kalkſtein		2,710	
	bis	2,837	- -
Carrariſcher Marmor		2,716	(Briſſon)
Pariſcher —		2,837	- -
Isländiſcher Kalkſpath		2,715	- -
Bitterſpath		2,480	(Kirwan)
Mergelerde		1,600	
	bis	2,400	- -
Verhärteter Mergel		2,300	
	bis	2,700	- -
Bituminöſer Mergelſchiefer		2,361	
	bis	2,442	- -
Schieferſpath		2,647	- -
Braunſpath		2,837	(Briſſon)
Dolomit		2,850	
	bis	2,862	(Kirwan)
Gyps, dichter		1,872	
	bis	2,288	- -
— faſeriger		2,300	- -

Gyps, blättriger	-	2,274	
	bis	2,310	(Kirwan)
Fraueneis	-	2,311	- -
Flußſpath	-	3,155	
	bis	3,191	(Briſſon)
Apatit	-	2,824	
	bis	3,218	(Kirwan)
Tungſtein	-	6,066	(Briſſon)

Witherit	-	4,338	(Kirwan)
Schwerſpath, dichter	-	4,300	
	bis	4,400	- -
— blättriger	-	4,300	
	bis	4,800	- -
— faſeriger	-	4,440	- -
— bologneſer	-	4 440	- -
Leberſtein	-	2,666	- -

Meerſchaum	-	0,336	(Groß)
Venetianiſcher Talk	-	2 780	(Muſchenbroek)
Speckſtein	-	2,727	(Briſſon)
Topfſtein, von Como	-	2,872	(Kirwan)
— ſchweizeriſcher	-	3,023	(Sauſſüre)
— von Dauphiné	-	2,768	(Briſſon)
— ſchwediſcher	-	2,853	- -
Serpentin, von Zöblitz	-	2,560	(Kirwan)
Asbeſt, von Zöblitz	-	2,547	- -
Amiant	-	2,444	(Muſchenbroek)
Bergkork	-	0,680	
	bis	0,993	(Briſſon)
Asbeſtartiger Strahlſtein	-	2,584	(Kirwan)
Gemeiner —	-	2 806	
	bis	3,356	- -
Glasartiger —	-	2,950	
	bis	3,493	- -
Nephrit	-	2 966	(Briſſon)
	bis	3,041	(Sauſſüre)
Bitterſtein	-	3,320	
	bis	3,380	(Höpfner)
Baikalith	-	2,200	(Lowitz)
Boracit	-	2,566	(Weſtrumb)

Töpferthon	-	1,800	
	bis	2,000	(Kirwan)

Schiefer.

Schieferthon		2,600	
	bis	2,680	(Kirwan)
Wetzſchiefer		2,876	
	bis	3,131	(Briſſon)
Steinmark, verhärtetes		2,815	(Kirwan)
Bol, armeniſcher		2,727	(Muſchenbroek)
Zeichenſchiefer		2,186	(Briſſon)
Grünerde		2,637	(Kirwan)

Lepidolith		2,816	- -
Kyanit		3,517	(Sauſſüre)
Glimmer, ruſſiſcher		2,791	(Briſſon)
— ſchwarzer		2,938	- -
Micarell		2,980	(Kirwan)
Hornblende		3,410	- -
— baſaltiſche		3,333	- -
— labradoriſche		3,350	
	bis	3,434	- -
Hornblendeſchiefer		2,909	
	bis	3,153	- -
Wacke		2,535	
	bis	2,893	- -
Trapp		2,780	
	bis	3,021	- -
Baſalt		2,864	(Briſſon)
	bis	3,000	(Bergmann)
Thonſchiefer		2,670	
	bis	2,880	(Kirwan)

Bergkryſtall		2,653	(Briſſon)
Quarz		2,647	
	bis	2,654	- -
Amethyſt		2,651	(Kirwan)
Smaragd		2,775	(Briſſon)
Beryll, ſibiriſcher		2,722	- -
— braſilianiſcher		2,782	- -
Praſer		2,580	- -
Orientaliſcher Rubin		4,283	- -
Orientaliſcher Topas		4,010	- -
Orientaliſcher Sapphir		3,994	- -
Spinell		3,760	- -
		3,570	(Klaproth)
Rubinſpath von Ceylon		3,454	(Kirwan)
Braſilianiſcher Rubin		3,531	(Briſſon)

Braſilia

Braſilianiſcher Topas	- -	3,536	(Briſſon)
Sächſiſcher Topas	- - -	3,564	- -
Orientaliſcher Aquamarin	- -	3,548	- -
Braſilianiſcher Sapphir	- -	3,130	- -
Hyacinth	- - - -	3,687	- -
Ceyloniſcher Zirkon	- -	4,416	- -
Böhmiſcher Granat	- -	4,188	- -
Leucit	- - - -	2,468	- -
Chryſoberyll	- - - -	3,698	
	bis	3,719	(Kirwan)
Chryſolith	- - - -	3,340	
	bis	3,410	(Werner)
Olivin	- - -	2,960	
	bis	3,225	(Kirwan)
Obſidian	- - - -	2,348	(Briſſon)
Schörlartiger Beryll	- -	3,530	(Klaproth)
Schwarzer Stangenſchörl	-	3,363	(Briſſon)
Braſilianiſcher Turmalin	-	3,130	
	bis	3,155	- -
Thumerſtein	- - - -	3,295	(Kirwan)
Prenit	- - - -	2,942	- -
Zeolith	- - - -	2,083	
	bis	2,073	(Briſſon)
— von Adelfors	- -	2,486	- -
Kreuzſtein	- - - -	2,355	
	bis	2,361	(Kirwan)
Laſurſtein	- - - -	2,896	- -
Chryſopras	- - - -	2,479	- -
Edler Opal	- - - -	2,144	(Blumenbach)
Halbopal	- - - -	1,700	
	bis	2,118	(Kirwan)
Gemeiner Opal	- - -	1,958	
	bis	2,075	(Klaproth)
Pechſtein	- - - -	2,049	
	bis	2,319	(Briſſon)
Hyalith	- - - -	2,110	(Kirwan)
Chalcedon	- - - -	2,664	(Briſſon)
Carneol	- - - -	2,613	- -
Katzenauge	- - - -	2,560	
	bis	2,660	(Kirwan)
Feuerſtein	- - - -	2,581	
	bis	2,673	(Briſſon)
Hornſtein	- - - -	2,532	
	bis	2,653	(Kirwan)

Kieſel-

Kieſelſchiefer - - - -		2,596	
	bis	2,641	(Kirwan)
Porphyrſchiefer - - -		2,512	
	bis	2,700	- -
Gemeiner Jaspis - - -		2,580	
	bis	2,700	- -
Aegyptiſcher Jaspis - -		2,564	(Briſſon)
Sinopel - - - -		2,691	- -
Porzellanjaspis - - -		2,330	(Kirwan)
Heliotrop - - - -		2,620	
	bis	2,700	- -
Holzſtein - - - -		2,045	
	bis	2,675	- -
Elaſtiſcher Quarz - - -		2,624	- -
Feldſpath - - - -		2,437	
	bis	2,600	- -
Mondſtein - - - -		2,559	- -
Bimſtein - - - -		0,914	(Briſſon)
Labradorſtein - - - -		2,670	
	bis	2,692	(Kirwan)
Demantſpath - - -		3,710	(Klaproth)

Strontionit - - - -		3,400	
	bis	3,644	(Kirwan)

Granit - - - - -		2,538	
	bis	2,956	(Briſſon)
Porphyr - - - -		2,765	
	bis	2,793	- -
Sandſtein - - - -		2,111	
	bis	2,561	- -

3) Erdharze.

Bergnaphtha - - - -		0,708	(Muſchenbroek)
Petroleum - - - -		0,854	- -
Asphalt - - - -		1,203	
	bis	1,744	- -
Steinkohle - - - -		1,270	
	bis	1,500	- -
Bernſtein - - - -		1,065	
	bis	1,110	(Muſchenbroek)
Braunkohle - - - -		1,019	
	bis	1,292	(Gren)

4)

4) Schwefel.

Natürlicher Schwefel - - -		2,033	(Briſſon)
Stangenſchwefel - - -		1,800	(Muſchenbroek)
	bis	1,990	(Briſſon)

5) Kohlige Subſtanzen des Mineralreichs.

Graphit - - - -		1,860	(Muſchenbroek)
Kohlenblende - - -		1,468	(Groß)

Diamant - - - -		3,521	
	bis	3,654	(Muſchenbroek)

6) Metallkalke und Erze.

Weiſſer Arſenik - - -		3,694	(Muſchenbroek)
Rother Arſenik - - -		3,223	- -
Operment - - -		3,313	- -
Gelber Arſenik - - -		3,521	- -
Galmey - - - .		2,560	
	bis	4,409	- -
Tutia - - - -		4,615	- -
Schwefelkies - - -		4,789	
	bis	4,912	- -
Kupferkies - - - -		3,800	
	bis	4,158	- -
Graues Spießglanzerz - -		4,700	
	bis	4,858	- -
Glas vom Spießglanze - -		4,760	
	bis	5,280	- -
Rothgültigerz von Joh. Georgenſtadt - - - -		5,354	- -
Zinnober, natürlicher - -		6,188	
	bis	7,710	- -
— künſtlicher - -		7,838	
	bis	8,002	- -
Bleyglätte - - - -		6,044	- -
Bleyglanz - - - -		7,220	- -
Molybdän - - - -		4,738	(Briſſon)

7) Künſtliche Verglaſungen.

Bouteillenglas, grünes - -		2,642	(Briſſon)
Weißes Kryſtallglas - -		2,892	- -
	bis	2,488	- -

Eng-

Engliſches Flintglas	3,329	(Briſſon)
Porzellän von Seves	2,145	- -
— von Limoges	2,341	- -
— von China	2,384	- -

8) Salze.

Vitriolöhl	1,877	
bis	1,700	(Muſchenbroek)
Rauchende Salpeterſäure	1,583	- -
— Kochſalzſäure	1,194	(Briſſon)
Boraxſäure	1,479	(Muſchenbroek)
Arſenikſäure	3,391	(Bergmann)
Roher Eſſig	1,013	(Briſſon)
Deſtillirter Eſſig	1,009	- -
Roher Weinſtein	1,849	(Muſchenbroek)
Weinſteinrahm	1,900	- -
Aetzender Salmiakgeiſt	0,890	- -
	0,897	(Briſſon)
Zerfloſſenes Weinſteinſalz	1,550	(Muſchenbroek)
Vitrioliſirter Weinſtein	2,298	- -
Glauberſalz	2,246	- -
Salpeter	1,900	- -
Rhomboidalſalpeter	1,869	- -
Reines Kochſalz	1,918	- -
Steinſalz	2,143	- -
Digeſtivſalz	1,836	- -
Reiner ſublimirter Salmiak	1,420	- -
Borax	1,720	- -
Alaun	1,714	- -
Bleyzucker	2,395	- -
Engliſcher Vitriol	1,880	- -
Zinkvitriol	1,900	- -
Weißer Zucker	1,606	- -

9) Spirituöſe Flüſſigkeiten.

Schwefelnaphtha	0,716	(Lowitz)
Alcohol, (der reinſte)	0,791	- -
Burgunderwein	0,991	(Briſſon)
Maderawein	1,038	- -
Weißer Franzwein	1,020	(Muſchenbroek)
Frontignac	1,008	- -

Mallaga.

Mallagawein - - - -	1,015	(Muſchenbroek)
Rother Capwein - - -	1,018	- -
Weißer - - - -	1,039	- -
Pontac - - - -	0,993	- -
Champagnerwein - - -	0,962	- -
Moſeler - - - -	0,916	- -
Rheinwein - - - -	0,999	- -

10) Aetheriſche Oehle.

Lavendelöhl - - - -	0,893	(Briſſon)
Nelkenöhl - - - -	1,034	(Muſchenbroek)
Pommeranzenöhl - - -	0,888	- -
Zimmtöhl - - - -	1,035	- -
Saſſafrasöhl - - -	1,094	- -
Rosmarinöhl - - -	0,934	- -
Fenchelöhl - - - -	0,997	- -
Wacholderöhl - - -	0,911	- -
Krauſemünzenöhl - - -	0,975	- -
Terpentinöhl - - -	0,792	- -

11) Fette Oehle und thieriſche Fette.

Rindertalg - - - -	0,955	(Muſchenbroek)
Hammeltalg - - - -	0,943	- -
Schweineſchmalz - - -	0,954	- -
Gelbes Wachs - - -	0,960	- -
Weißes Wachs - - -	0,966	- -
Baumöhl - - - -	0,913	- -
Leinöhl - - - -	0,932	- -
Rübſaamenöhl - - -	0,853	- -
Cacaobutter - - - -	0,891	(Brandis)
Süßes Mandelöhl - - -	0,928	(Muſchenbroek)
Butter - - - -	0,942	(Briſſon)
Wallrath - - - -	0,943	- -

12) Gummi's, Harze, Gummiharze ꝛc.

Arabiſches Gummi - - -	1,452	(Briſſon)
Traganth - - - -	1,316	- -
Weißes Pech - - -	1,072	- -
Sandarac - - - -	1,092	- -
Maſtix - - - -	1,074	- -
Storax - - - -	1,109	- -

Copal

Copal		1,045	
	bis	1,139	(Briſſon)
Elemi		1,018	- -
Anime		1,028	- -
Labdanum		1,186	- -
Guayac		1,122	- -
Jalappenharz		1,218	- -
Drachenblut		1,204	- -
Gummilack		1,139	- -
Tacamahac		1,046	- -
Benzoe		1,092	- -
Caranna		1,124	- -
Ammoniakgummi		1,207	- -
Hederagummi		1,294	- -
Galbangummi		1,212	- -
Sarcocella		1,268	- -
Opoponax		1,622	- -
Gummigutt		1,221	- -
Euphorbium		1,124	- -
Olibanum		1,173	- -
Myrrhe		1,360	- -
Scammoneum		1,235	- -
Stinkender Aſand		1,327	- -
Bdellium		1,371	- -

Federharz	0,933	- -

Kampher	0,988	- -

Aloe	1,358	- -
Opium	1,336	- -

Indigo	0,769	- -

13) Einige thieriſche Subſtanzen.

Elfenbein		1,825	(Muſchenbroek)
Wallroszahn		1,933	- -
Orientaliſcher Bezoar		1,530	
	bis	1,640	- -
Harnblaſenſtein		3,564	
	bis	1,700	- -
Kryſtalliniſcher Gallenſtein		0,803	(Gren)
Rothe Corallen		2,689	(Muſchenbroek)

Orien,

Orientaliſche Perlen	2,750	(Muſchenbroek)
Krebsaugen	1,890	- -
Hünereyer	1,090	- -

14) Holzarten.

Indianiſches Cedernholz	1,315	(Muſchenbroek)
Buxbaumholz	1,328 u. 0,919	-
Braſilienholz	1,031	- -
Ebenholz	1,209	- -
Fernambucholz	1,014	- -
Franzoſenholz	1,333	- -
Mahagonyholz	1,063	- -
Griesholz	1,200	- -
Altes Eichenholz	1,666	- -
Eichenholz vom Stamme	0,929	- -
Eichenholz von grünem Aſte	0,870	- -
Rhodiſerholz	1,125	- -
Weißes Sandelholz	1,041	- -
Rothes —	1,128	- -
Campecheholz	0,913	- -
Büchenholz	0,852	- -
Gelbes Sandelholz	0,809	- -
Erlenholz	0,800	- -
Ahornholz	0,755	- -
Eſchenholz	0,734	- -
Apfelholz	0,793	- -
Pflaumenholz	0,785	- -
Haſelnholz	0,600	- -
Birnenholz	0,661	- -
Ulmenholz	0,600	- -
Lindenholz	0,604	- -
Weidenholz	0,585	- -
Wacholderholz	0,556	- -
Saſſafrasholz	0,482	- -
Tannenholz	0,550	- -
Pappelnholz	0,383	- -
Korkholz	0,240	- -

15)

Phosphorus	1,714	(Muſchenbroek)

16)

Holzkohle	0,280	
	bis 0,441	(Hielm)

17)

17)	
Eis - - -	0,916 (Muſchenbroek)
Reines Waſſer - -	1,000 - -

Muſchenbroek introd. ad philoſ. nat. T. II. §. 1417. Péſanteur ſpecifique des corps — par Mr. *Briſſon*, à Paris 1787. 4.

Von verſchiedenen Luftarten giebt Hr. Lavoiſier folgende Beſtimmung:

Ein pariſ. Duodecimal-Cubikzoll

atmoſphäriſche Luft wiegt	0,46005	Grán (franz.)
Stickluft	0,44444	
Lebensluft	0,50694	
brennbare Luft	0,03539	
Luftſäure	0,68985	
Salpeterluft	0,54690	
flüchtig alkaliniſche Luft	0,27488	
Schwefelluft	1,03820	

§. 369. Man kann von dieſer Tabelle allerley nützliche Anwendungen machen. Denn außerdem, daß ſich durch Vergleichung des gefundenen eigenthümlichen Gewichts einer gegebenen Subſtanz mit dem in dem Verzeichniſſe angegebenen auf die Reinheit oder Aechtheit derſelben in vielen Fällen ſchließen läßt, kann man auch dadurch das Gewicht des Cubikzolles oder des Cubikfußes der darin angegebenen Materien finden, wenn man die Zahl, die ihr ſpecifiſches Gewicht angiebt, mit dem Gewichte des Cubikzolles oder Cubikfußes Waſſer (§. 357.) multiplicirt. So z. B. wiegt ein Cubikfuß (pariſ.) Waſſer 69,015 Pf. (pariſ.); folglich wiegt ein (pariſ.) Cubikfuß Queckſilber 13,674 × 69,015 Pf. = 943,711 Pf. (pariſ.), oder 989,682 Pf. (cölln.) Gew.

1) Hierher gehört auch das ſo genannte Archimedeiſche Problem. Nach Vitruvs Erzählung (de architectura Lib. 9. Cap. 3.) hatte ſich der König Hiero zu Syracus eine goldene Krone machen laſſen, und kam auf den Verdacht, daß ihm der Goldarbeiter dabey einen Theil Gold entwendet und dagegen eben ſo viel Silber dem Golde zugeſetzt habe.

habe. Archimedes ſollte prüfen, ob der Verdacht gegründet ſey, und er habe durch Waſſerwägen den Betrug beſtimmt, und das Verhältniß des Goldes zum Silber in der Krone angegeben. Archimedes Bücher περι των ὀχουμενων handeln nur von ſchwimmenden Körpern, und enthalten nichts von jenem Probleme. Man hält daher auch die Erzählung nach Vitruv für Fabel. Geſetzt aber, daß die Metalle bey ihrem wechſelſeitigen Zuſammenſchmelzen ihre Volumina nicht änderten, ſo würde ſich allerdings das Verhältniß ihrer abſoluten Gewichte in dem Gemiſche aus dem eigenthümlichen Gewichte deſſelben erkennen laſſen, wenn die eigenthümlichen Gewichte der einzelnen Metalle bekannt ſind. Denn wenn die eigenthümlichen Gewichte der Metalle vor der Vermiſchung D, d, die Volumina V, v, die abſoluten Gewichte P, p heißen, ſo iſt das eigenthümliche Gewicht nach der Vermiſchung, oder Δ, $= \frac{PV + pv}{V + v}$, und $P : p = D(\Delta - d) : d(D - \Delta)$.

Wenn nun die Krone des Hiero 20 Pf. ſchwer geweſen iſt und beym Abwägen im Waſſer $1\frac{1}{4}$ Pf. verloren hätte, ſo wäre ihr eigenthümliches Gewicht, oder Δ, = 16,00 gegen das Waſſer geweſen. Das eigenthümliche Gewicht des reinen Goldes, oder D, hätte = 19,64 ſeyn müſſen. Setzen wir nun, daß der Zuſatz Silber geweſen wäre, ſo wäre d = 10,55. Es war alſo nach obiger Formel das Gewicht des Goldes, oder P, zu dem Gewichte des Silbers, oder p, in der Krone = 19,64 (16,00 — 10,55): 10,55 (19,64 — 16,00) = 107,038 : 38,402. Es beſtanden alſo 145,440 Theile des gemiſchten Goldes aus 107,038 Theilen feinem Golde und 38,402 Theilen Silber. Wenn wir nun nach der Regel de tri ſo anſetzen:

145,440 Pf. ſchlechtes Gold enthalten 107,038 Pf. feines Gold, was 20 Pf.? ſo erhalten wir 14,719 Pf. fein Gold, die mit 5,281 Pf. Silber vermiſcht die 20 Pf. der Krone ausgemacht haben.

Da aber die Metalle bey ihrem Zuſammenſchmelzen mehr oder weniger in einander greifen und nicht mehr die Dichtigkeit behalten, die ſie der Berechnung zu Folge haben ſollten (§. 184.), ſo ſieht man leicht, daß jene Formel nicht die Verhältniſſe der Quantitäten in der Miſchung angeben kann, wenn man nicht weiß, wie ſich die Dichtigkeit ändert. Auch läßt ſie ſich nicht bey der Zuſammenſchmelzung von mehr als zwey Metallen anwenden.

2) Wenn man Kochſalz in Waſſer auflöſt, ſo iſt der Raum, welchen die Auflöſung einnimmt, nicht mehr gleich der Summe der Räume des Kochſalzes und des Waſſers. Es ſind alſo eigene Beobachtungen und darauf gegründete Rechnungen nöthig, um aus dem ſpecifiſchen Gewichte der Salzſolution die Menge des Salzes zu finden, die in einem gegebenen Gewichte der Salzſoole enthalten iſt. Lambert (Hiſtoire de l'acad. de Pruſſe 1762. T. XVIII. S. 27. ff.) hat eine ſolche Tabelle berechnet.

Gewicht

Gewicht des Salzes	Eigenthüml. Gewicht der Soole.
0	1,000
10	1,007
20	1,014
30	1,021
40	1,027
50	1,034
60	1,041
70	1,047
80	1,054
90	1,060
100	1,067
110	1,073
120	1,080
130	1,086
140	1,093
150	1,099
160	1,105
170	1,111
180	1,117
190	1,123
200	1,129
210	1,135
220	1,141
230	1,146
240	1,152
250	1,158
260	1,163
270	1,169
280	1,175
290	1,180
300	1,185
310	1,191
320	1,196
330	1,201
336,8	1,2047

Geſetzt, die Soole iſt in ihrem eigenthüml. Gewichte 1,175, ſo füllen 1175 Gr. derſelben ſo viel Raum, als 1000 Gr. Waſſer, und es ſind in dieſen 1175 Gr. 280 Gran Salz, oder das in ihr befindliche Salz beträgt $\frac{280}{1175}$ ihres Gewichtes. Nach der Regel de tri kann man nun leicht finden, wie viel Salz in einem Pfunde ſolcher Soole ſey; denn wenn 1175 Gr. Soole 280 Gr. Salz enthalten, ſo ſind in 1 Pf. oder 7680 Gr. Soole 1830 Gr. Salz.

3) Wenn Alcohol und Waſſer mit einander vermiſcht werden, ſo iſt das eigenthümliche Gewicht nach der Vermiſchung nicht ſo, als es der Berechnung zu Folge nach ihrem reſpectiven eigenthümlichen Gewichte ſeyn ſollte. Um alſo aus dem eigenthümlichen Gewichte der Miſchung das Verhältniß beyder Ingredienzien zu erfahren, ſind vorläufige Verſuche und nähere Beſtimmungen nöthig. Herr Gilpin in England hat dergleichen Verſuche über die Aenderungen der Dichtigkeit des Alcohols und Waſſers, wenn ſie in verſchiedenen Verhältniſſen mit einander vermiſcht werden, in zahlreicher Menge, und zwar für verſchiedene Grade von Wärme von 30 bis 80° F., angeſtellt, und Tabellen entworfen, nach welchen man aus dem eigenthümlichen Gewichte des Gemiſches den Gehalt an Alcohol oder Waſſer finden kann. Ich habe eine ſolche Tabelle deſſelben für die Temperatur von 60° F. mitgetheilt (Verſuche über die Aenderung der Dichtigkeiten bey Vermiſchung von Alcohol und Waſſer, von Herrn Gilpin; in Grens neuem Journ. der Phyſ. B. II. S. 365. ff.) Herr Gilpin nimmt darin das eigenthümliche Gewicht des Alcohols 0,825 an. Indeſſen hat Herr Lowitz gezeigt, daß Alcohol von dieſem eigenthümlichen Gewichte ſelbſt noch nicht waſſerfrey ſey, und daß er durch die ſtärkſte Entwäſſerung bis 0,791 (bey 68° F.) herabgebracht werden könne. Er ſelbſt hat darnach eine Tabelle der eigenthümlichen Gewichte für die Gemiſche von ſolchem Alcohol und Waſſer aus Verſuchen entworfen, die ich hier mittheile:

Eigenthüml. Gewicht	des Gemiſches aus					
0,791	100	Th. Alcohol	o	Th. Waſſer.		
0,794	99	ſ	—	1	ſ	—
0,797	98	ſ	—	2	ſ	—
0,800	97	ſ	—	3	ſ	—
0,803	96	ſ	—	4	ſ	—
0,805	95	ſ	—	5	ſ	—
0,808	94	ſ	—	6	ſ	—
0,811	93	ſ	—	7	ſ	—
0,813	92	ſ	—	8	ſ	—
0,816	91	ſ	—	9	ſ	—
0,818	90	ſ	—	10	ſ	—
0,821	89	ſ	—	11	ſ	—
0,823	88	ſ	—	12	ſ	—
0,826	87	ſ	—	13	ſ	—
0,828	86	ſ	—	14	ſ	—
0,831	85	ſ	—	15	ſ	—
0,834	84	ſ	—	16	ſ	—
0,836	83	ſ	—	17	ſ	—
0,839	82	ſ	—	18	ſ	—
0,842	81	ſ	—	19	ſ	—

Eigen-

Eigenthüml. Gewicht	des Gemiſches aus			
0,844	80	Th. Alcohol	20	Th. Waſſer.
0,847	79	⸗ —	21	⸗ —
0,849	78	⸗ —	22	⸗ —
0,851	77	⸗ —	23	⸗ —
0,853	76	⸗ —	24	⸗ —
0,856	75	⸗ —	25	⸗ —
0,859	74	⸗ —	26	⸗ —
0,861	73	⸗ —	27	⸗ —
0,863	72	⸗ —	28	⸗ —
0,866	71	⸗ —	29	⸗ —
0,868	70	⸗ —	30	⸗ —
0,870	69	⸗ —	31	⸗ —
0,872	68	⸗ —	32	⸗ —
0,875	67	⸗ —	33	⸗ —
0,877	66	⸗ —	34	⸗ —
0,880	65	⸗ —	35	⸗ —
0,882	64	⸗ —	36	⸗ —
0,885	63	⸗ —	37	⸗ —
0,887	62	⸗ —	38	⸗ —
0,889	61	⸗ —	39	⸗ —
0,892	60	⸗ —	40	⸗ —
0,894	59	⸗ —	41	⸗ —
0,896	58	⸗ —	42	⸗ —
0,899	57	⸗ —	43	⸗ —
0,901	56	⸗ —	44	⸗ —
0,903	55	⸗ —	45	⸗ —
0,905	54	⸗ —	46	⸗ —
0,907	53	⸗ —	47	⸗ —
0,909	52	⸗ —	48	⸗ —
0,912	51	⸗ —	49	⸗ —
0,914	50	⸗ —	50	⸗ —
0,917	49	⸗ —	51	⸗ —
0,919	48	⸗ —	52	⸗ —
0,921	47	⸗ —	53	⸗ —
0,923	46	⸗ —	54	⸗ —
0,925	45	⸗ —	55	⸗ —
0,927	44	⸗ —	56	⸗ —
0,930	43	⸗ —	57	⸗ —
0,932	42	⸗ —	58	⸗ —
0,934	41	⸗ —	59	⸗ —
0,936	40	⸗ —	60	⸗ —
0,938	39	⸗ —	61	⸗ —

Eigenthüml. Gewicht	des Gemiſches aus					
0,940	38	Th.	Alcohol	62	Th.	Waſſer.
0,942	37	'	—	63	'	—
0,944	36	'	—	64	'	—
0,946	35	'	—	65	'	—
0,948	34	'	—	66	'	—
0,950	33	'	—	67	'	—
0,952	32	'	—	68	'	—
0,954	31	'	—	69	'	—
0,956	30	'	—	70	'	—
0,957	29	'	—	71	'	—
0,959	28	'	—	72	'	—
0,961	27	'	—	73	'	—
0,963	26	'	—	74	'	—
0,965	25	'	—	75	'	—
0,966	24	'	—	76	'	—
0,968	23	'	—	77	'	—
0,970	22	'	—	78	'	—
0,971	21	'	—	79	'	—
0,973	20	'	—	80	'	—
0,974	19	'	—	81	'	—
0,976	18	'	—	82	'	—
0,977	17	'	—	83	'	—
0,978	16	'	—	84	'	—
0,980	15	'	—	85	'	—
0,981	14	'	—	86	'	—
0,983	13	'	—	87	'	—
0,985	12	'	—	88	'	—
0,986	11	'	—	89	'	—
0,987	10	'	—	90	'	—
0,988	9	'	—	91	'	—
0,989	8	'	—	92	'	—
0,991	7	'	—	93	'	—
0,992	6	'	—	94	'	—
0,994	5	'	—	95	'	—
0,995	4	'	—	96	'	—
0,997	3	'	—	97	'	—
0,998	2	'	—	98	'	—
0,999	1	'	—	99	'	—
1,000	0	'	—	100	'	—

Crells chem. Annalen, 1796. B. I. S. 202. ff.

Sechstes Hauptſtück.

Phänomene ſchwerer expanſibeler Flüſſigkeiten.

§. 370.

Wir betrachten hier die Phänomene, welche ſchwere elaſtiſche Flüſſigkeiten (§. 135.) durch ihr Gewicht und durch ihre Elaſticität hervorbringen. Wir kennen zweyerley Arten dieſer Flüſſigkeiten: Gasarten oder Luftarten und Dämpfe (§§. 135. 136.). Bey jenen iſt die Elaſticität dauernd, in jedem uns bekannten Grade der Zuſammendrückung ſo wohl, als der Kälte; dieſe hingegen behalten ihre elaſtiſche Form nur bey einem gewiſſen Grade der Wärme unter einem beſtimmten Drucke. So lange indeſſen die letztern im wirklichen expanſibeln Zuſtande ſind, befolgen ſie auch mit den erſtern dieſelbigen allgemeinen Geſetze der ſchweren elaſtiſchen Flüſſigkeiten. Da dieſe Geſetze unabhängig von der individuellen Natur der Baſis der expanſibeln Flüſſigkeiten ſind, ſo gehören die davon abhängenden Erſcheinungen in die allgemeine Naturlehre. Der Kürze wegen bediene ich mich des Ausdrucks: Luft, zur Bezeichnung aller expanſibeln Flüſſigkeiten. An der atmoſphäriſchen Luft, die wir allenthalben antreffen, können wir am beſten die Phänomene, die allen expanſibeln Flüſſigkeiten gemeinſam ſind, beobachten, und wir können uns daher ihrer am bequemſten zur Anſtellung der hierher gehörigen Erfahrungen und

Verſuche bedienen. Das, was wir von ihr als elaſtiſcher Flüſſigkeit ſagen, gilt von allen andern elaſtiſchen Flüſſigkeiten, die auch eben ſo durch ihr Gewicht und ihre Expanſibilität wirken würden, wenn ſie an der Stelle der Luft die Atmoſphäre um die Erde bildeten.

§. 371. Ein expanſibeles Fluidum hat als ſolches ein Beſtreben, einen größern Raum zu erfüllen (§. 131.), und übt ſolcher Geſtalt Druck gegen jedes Hinderniß ſeiner Expanſion aus. Ferner widerſteht es bey der Verengerung ſeines Raumes vermöge ſeiner Expanſivkraft.

§. 372. Die Luft iſt expanſibel und dehnt ſich, wenn kein Hinderniß ihrer Expanſion da iſt, zu einem Raume aus, deſſen Grenzen man nicht kennt. So wie aber der Raum wächſt, zu welchem eine Maſſe Luft ſich ausdehnt, ſo nimmt auch ihre Expanſivkraft ab, weil ſie nun nicht mehr mit demſelbigen Grade von Kraft ihren Raum erfüllt (§. 50.).

§. 373. Bey der Ausdehnung einer Maſſe Luft in einen größern Raum nimmt ihre Dichtigkeit ab; und die Dichtigkeit, die ſie übrig behält, verhält ſich zur vorigen Dichtigkeit, wie der Raum, den ſie vorher einnahm, zu dem Raume, in welchen ſie ſich ausgedehnt hat.

§. 374. Die Luft iſt compreſſibel. Ueber die Kraft, mit welcher die Luft ſich auszudehnen ſtrebt, iſt eine größere möglich, und durch dieſe läßt ſich die Luft auch wirklich in einen engern Raum preſſen. Je

mehr

mehr die Luft aber zuſammengepreßt wird, um deſto mehr wächſt ihre Dichtigkeit und der Grad der Kraft, womit ſie ihren Raum erfüllt; folglich deſto mehr widerſteht ſie der ſie zuſammendrückenden Kraft. Der Grad der Zuſammendrückung hat folglich für unſere endlichen Kräfte ſeine Grenzen.

§. 375. Wenn eine Maſſe Luft im Gleichgewichte ihrer Theile iſt, ſo iſt die Expanſivkraft jedes Punctes derſelben dem Drucke derſelben auf dieſen Punct gleich.

§. 376. Ein elaſtiſches Fluidum wirkt auf das Hinderniß ſeiner Expanſion mit derſelbigen Kraft, mit der es zuſammengedrückt worden iſt. Die Luft in einem Gefäße übt alſo gegen die Wände deſſelben eben denſelbigen Druck aus, als die Kraft ausüben würde, mit der ſie bis zu ihrem dermaligen Grade der Dichtigkeit zuſammengepreßt worden iſt.

§. 377. Die Luft iſt eine ſchwere expanſibele Flüſſigkeit, und muß alſo durch ihr Gewicht Druck ausüben. Höher liegende Luftſchichten müſſen alſo auf die darunter liegenden durch ihr Gewicht preſſen.

§. 378. Wenn demnach die ganze Maſſe Luft ſich ſelbſt überlaſſen im Gleichgewichte iſt, ſo kann ihre Dichtigkeit nicht durchaus gleichförmig ſeyn; die untern Schichten müſſen, wegen der Compreſſibilität der Luft (§. 374.) und des Gewichts der darüber liegenden Schichten, in einen engern Raum gepreßt, folglich dichter ſeyn; es muß alſo die Dichtigkeit der Schichten hinabwärts wachſen. Mit der Zunahme der

der Dichtigkeit der tiefer liegenden Luftſchichten muß aber auch die Expanſivkraft derſelben zunehmen, und die abſolute Elaſticität jedes Theiles derſelben muß dem Gewichte der ganzen darüber ſtehenden Säule proportional ſeyn (§. 376.).

§. 379. Die Erfahrung beſtätigt dies an der atmoſphäriſchen Luft. Wenn man eine gläſerne recht trockene Röhre, die an einem Ende geſchloſſen und länger iſt, als 28 pariſ. Zoll, mit reinem gekochten Queckſilber ganz anfüllt, das offene Ende mit dem Finger zuhält, hierauf umkehrt, und, nachdem man es in ein Gefäß mit Queckſilber getaucht hat, die Röhre vertical hält und den Finger von der Oeffnung wegzieht; ſo bleibt das Queckſilber darin etwa 28 pariſ. Zoll über der Fläche des Queckſilbers im Gefäße zurück, durch den Druck der Luft, der auf die Fläche des Queckſilbers im Gefäße einſeitig iſt. **Evangeliſta Torricelli** ſtellte dieſen an Folgerungen ſo fruchtbar geweſenen Verſuch zuerſt im J. 1643 an, und bewies dadurch die Schwere der Luft. Die Röhre mit dem Queckſilber darin heißt daher auch die **torricelliſche Röhre** (Tubus torricellianus), und der Raum über dem Queckſilber in der Röhre die **torricelliſche Leere** (Vacuum torricellianum).

Caſp. Schotti Technica curioſa. Herbipol. 1664. 4. l. III. S. 192. ff.

Daß aber der Druck der Luft von dem angeführten Phänomene die Urſach ſey, das folgt nicht nur unmittelbarer Weiſe aus ihm ſelbſt, ſondern wird auch dadurch beſtätigt: 1) daß durch Wegnahme der Luft über der Fläche des Queckſilbers im Gefäße unter der Luftpumpe, nach einem in der Folge anzuſtellenden Verſuche, das Queckſilber in der torricelliſchen Röhre herabſinkt; 2) daß das Queckſilber ganz herausfällt, ſo bald die Röhre oben geöffnet wird, und

also

alſo der Druck der Luft nicht mehr einſeitig iſt; 3) daß das Queckſilber nach hydroſtatiſchen Geſetzen in der Röhre um eben ſo viel höher ſteigt, als das Niveau des Queckſilbers außerhalb höher wird; 4) daß, wenn die Röhre enge genug iſt, beym ſenkrechten Herausziehen derſelben aus dem Gefäße das Queckſilber in derſelben in die Höhe getrieben wird und oben hangen bleibt.

§. 380. Da der Druck der Luft ſo groß ſeyn muß, als der Gegendruck des Queckſilbers in der torricelliſchen Röhre, ſo können wir hieraus mit Recht ſchließen, daß der Druck der Atmoſphäre gegen jede gegebene Fläche ſo groß ſey, als das Gewicht einer Queckſilberſäule von eben dieſer Grundfläche und der Höhe in der torricelliſchen Röhre.

Ein pariſ. Cubikfuß Queckſilber wiegt nahe 950 Pfund pariſ.; ein Cubikzoll, Duodecimalmaaß, 17 Loth, $2\frac{4}{9}$ Quentchen. Wenn alſo der Druck der Luft das Gleichgewicht hält mit einer Queckſilberſäule von 28 Zoll oder $2\frac{1}{3}$ Fuß, ſo beträgt er gegen eine Fläche von einem Quadratfuße $2216\frac{2}{3}$ Pfund, und von einem Quadratzolle 15 Pfund, $12\frac{26}{32}$ Loth pariſ.

Um jede Linie, um welche das Queckſilber höher oder niedriger, als 28 Zoll iſt, beträgt der Druck der Luft auf eine Fläche von einem Quadratfuße $6\frac{4}{7}\frac{1}{2}$ Pfund mehr oder weniger.

§. 381. So lange die Luft nicht in Gefäßen eingeſchloſſen iſt, ſondern frey bleibt und auf ihre ganze Maſſe Rückſicht genommen wird, ſo muß ſie nur durch ihr Gewicht wirken und daher dieſelbigen Geſetze des Gleichgewichts befolgen, als nicht-elaſtiſche Flüſſigkeiten.

§. 382. Es müſſen daher auch die Luftſäulen unter einander bey gleichen Höhen und Dichtigkeiten im Gleichgewichte ſtehen; jede Luftſäule muß auch fähig ſeyn, ſtatt ihrer benachbarten einen Körper von gleichem Gewichte zu tragen, und ihr Druck muß ſich

zu

zu Folge der hydroſtatiſchen Geſetze nach allen Richtungen zu äußern.

Wenn der Druck der atmoſphäriſchen Luft das Gleichgewicht hält mit einer Queckſilberſäule von 28 Zoll, ſo muß er auch das Gleichgewicht halten mit einer Waſſerſäule von 14 . 28 Zoll, oder von 32⅔ Fuß (pariſ.), wenn das Waſſer ein 14mal geringeres eigenthümliches Gewicht hat.

§. 383. Hieraus erklärt ſich auch die Erſcheinung, daß aus einem Gefäße mit enger Oeffnung beym Umkehren nichts herausläuft, und daß der Hahn eines vollen Faſſes, deſſen Spundloch geſchloſſen iſt, nichts bey der Oeffnung herausläßt, u. dergl. m.

§. 384. Es folgt ferner aus der Schwere der Luft nach hydroſtatiſchen Geſetzen, daß der Druck der Luftſäulen abnehmen müſſe, wenn ihre Höhe, bey übrigens gleichen Umſtänden, abnimmt, und umgekehrt; daß folglich das Queckſilber in der torricelliſchen Röhre in hohen Regionen der Atmoſphäre nicht ſo hoch ſtehen könne, als in niedrigern, wie auch die Erfahrung lehrt.

§. 385. Ferner muß die Luft im Freyen nach Verhältniß ihrer Dichtigkeit drücken; und eben hieraus iſt es abzuleiten, daß das Fallen des Queckſilbers in der torricelliſchen Röhre, wenn es nach höhern Regionen der Luft gebracht wird, nicht den Höhen proportional, ſondern immer verhältnißmäßig kleiner iſt. In höhern Gegenden iſt nämlich die Luft dünner, in niedrigern dichter (§. 378.).

de Luc Unterſuchungen über die Atmoſphäre, Th. II. S. 270. ff.

§. 386. Der Druck der Luft kann keine Bewegung hervorbringen, ſo lange er von allen Seiten gleich

gleich bleibt; er äußert ſich aber ſogleich, ſo bald er einſeitig wird, oder auch auf der innern und äußern Fläche eines Körpers ungleich Statt findet.

Hierher gehören die nachher bey der Luftpumpe anzuſtellenden Verſuche: 1) mit den magdeburgiſchen Halbkugeln; 2) das Zerbrechen einer Glasſcheibe, die auf einen metallenen Cylinder gekittet iſt, aus welchem man die Luft auszieht; 3) das Zerreißen einer über eben denſelben geſpannten Blaſe.

§. 387. Wenn alſo die Luft nur von Einer Seite her auf einen Körper drückt, und dieſer beweglich iſt, ſo kann er dadurch in Bewegung geſetzt werden.

Hierher gehört:

1) Roberval's Verſuch, oder Pascals Kammer.

Tentamina experimentor. natur. capt. in academia del Cimento. S. 29. ff.

2) Otto von Guerike's Windbüchſe mit verdünnter Luft.

C. Schotti technica curioſa. L. XI. S. 881. *Otton. de Guerike* experimenta de vacuo ſpatio. S. 112.

§. 388. Endlich folgt auch aus §. 386., daß, wenn die Luft auf einerley tropfbar-flüſſige Materie ungleich drückt, dieſe letztere nach der Gegend hin, wo ſie weniger Druck von der Luft erleidet, bewegt werden müſſe. Hierauf gründet ſich die Wirkung des **Hebers** (Sypho).

§. 389. Der **gemeine Heber** beſteht aus einer gekrümmten Röhre abc (Fig. 130.), wovon der eine Schenkel bc länger iſt, als der andere ab. Der Heber ſey mit einem Liquidum gefüllt, und ſein offner Schenkel ab in ein offenes Gefäß AB, das auch dieſes Liquidum enthält, bis g eingetaucht. Es iſt aus

dem Vorhergehenden (§. 313.) klar, daß die Flüſſigkeit in ag durch den Druck der dieſen Schenkel umgebenden gleichartigen Flüſſigkeit erhalten werde. Der Druck der Luft findet auf die Fläche fh der Flüſſigkeit im Gefäße Statt: er findet aber auch Statt gegen die Fläche der Flüſſigkeit an der Mündung c des längern Schenkels des Hebers. Jenem Drucke der Luft auf die Fläche fgh drückt die Flüſſigkeit in dem Schenkel ba entgegen, aber nur der Theil bg; dem Drucke der Luft gegen c drückt die Flüſſigkeit in dem Schenkel bc entgegen. Da dieſer letztere Gegendruck wegen der längern Säule der Flüſſigkeit bc größer iſt, als der Gegendruck von bg, ſo erfolgt die Bewegung des Liquidums nach der Richtung der größern Kraft: es fließt aus dem längern Schenkel in c aus, und ſteigt in a in dem kürzern empor; oder es iſt eben ſo gut, als ob die Luft auf fgh ſtärker drückte, als gegen die Mündung c. Zwar iſt die Luftſäule, die gegen c drückt, um dc länger, aber das Liquidum innerhalb dc iſt auch um vieles dichter, als die Luft, und daher ſein abſolutes Gewicht um vieles größer, als das abſolute Gewicht der Luftſäule von gleichem Durchmeſſer und der Höhe cd.

§. 390. Wenn der Schenkel ba des Hebers (Fig. 130.) mit einer ſpecifiſch ſchwerern Flüſſigkeit L, der Schenkel bc hingegen mit einer ſpecifiſch leichtern Flüſſigkeit l gefüllt, und das Verhältniß des eigenthümlichen Gewichts von L zu dem von l größer iſt, als das Verhältniß der ſenkrechten Höhe von c bis b zu der von a bis b: ſo wird,

wenn

wenn die Mündungen a und c geöffnet werden, nach hydroſtatiſchen Geſetzen, der Ausfluß aus a, und nicht aus c, Statt finden. Wenn ferner das Gefäß AB mit einer ſpecifiſch ſchwerern Flüſſigkeit, der Heber ſelbſt aber mit einer ſpecifiſch leichtern angefüllt iſt, ſo kann es aus den angeführten Gründen kommen, daß der Heber in c zu fließen aufhört, nämlich dann, wenn die in dem längern Schenkel bg geſtiegenen und darin noch befindlichen Flüſſigkeiten zuſammen eben ſo ſtark in der ſenkrechten Richtung drücken, als die leichtere in dem längern Schenkel bc thut.

§. 391. Wenn der kürzere Schenkel bg des Hebers (Fig. 130.) länger iſt, als die Höhe, bey welcher das Liquidum, das durch den Heber fließen ſoll, in der torricelliſchen Röhre durch den Druck der Luft erhalten werden könnte, ſo kann der Heber nicht wirken.

§. 392. Es kann kein Ausfluß aus dem äußern Schenkel des Hebers geſchehen, wenn dieſer äußere Schenkel kürzer iſt, als der innere bg (Fig. 130.); dann geſchieht vielmehr der Ausfluß aus a. Dies iſt auch der Fall, wenn der längere Schenkel bc in einer Flüſſigkeit derſelbigen Art ſteht, als ba, aber tiefer, z. B. bis k.

§. 393. Wenn beyde Schenkel ba und bc des Hebers (Fig. 131.) gleich lang ſind, ſo kann aus dem mit einerley Flüſſigkeit gefüllten und ſenkrecht gehaltenen Heber nichts ausfließen, indem der Gegendruck der Luft gegen a und c gleich groß iſt. Taucht man

man aber den einen Schenkel, z. B. ab, in eine Flüſſigkeit dieſer Art, z. B. bis fgh, ſo fließt der Heber bey c, und zwar deſto ſtärker, je tiefer der Schenkel ab eingetaucht wird. Jetzt iſt nämlich die Flüſſigkeit, die in dem Schenkel ab gegen die Luft drückt, nur in der ſenkrechten Höhe bg zu nehmen. Ein Heber dieſer Art heißt ein **wirtembergiſcher Heber**.

§. 394. Außer dem Gebrauche, zu welchem die Heber im gemeinen Leben nutzen, dienen ſie auch zur Erklärung mancher Phänomene der Natur und Kunſt. Dahin gehört:

1) Die Wirkung einiger natürlichen Brunnen, die ſich von Waſſer ausleeren, wenn es darin bis zu einer gewiſſen Höhe geſtiegen iſt.

Muſchenbroek introd. ad philoſ. nat. T. II. §. 2100. Journal des Sçav. A. 1688. S. 455 *Plinius* hiſt. nat. L. II. C. 103. *Oliver*, in *philoſ. transact.* No. 204 Vol. XVII. S. 908. *Atwell*, ebend. No. 424 Vol. XXXVII. S. 301.

2) Die Einrichtung des **künſtlichen Tantalus**, des **Vexirbechers** oder **Diabetes** der Alten.

Muſchenbroek a. a. O. §. 2100.

Heronis, Alexandrini, ſpiritalium liber. Amſtelod. 1716. 4. Prop. 12.

3) Die Wirkung des **Kircherſchen Hebers**.

Wolfs nützl. Verſuche. Th. III. S. 576. §. 126.

4) Die Wirkung der ſo genannten **Fraterna Caritas**, eines drey- und mehrſchenkligen wirtembergiſchen Hebers.

5) **Kirchers Brunnen**.

Karſtens Anfangsgr. der Naturl. §. 282.

§. 395.

§. 395. Die Erfahrung lehrt, daß an einem und demſelbigen Orte die Höhe des Queckſilbers in der torricelliſchen Röhre (§. 379.) nicht dieſelbige bleibt, ſondern zu verſchiedenen Zeiten bis auf eine gewiſſe Grenze größer oder kleiner iſt. Es folgt hieraus, daß in der Atmoſphäre Urſachen wirkſam ſeyn müſſen, die den Druck der Luft auf die Queckſilberſäule veränderlich machen. Weil alſo die torricelliſche Röhre den Druck der Luft durch die damit correſpondirende Queckſilberſäule anzeigt, ſo hat man ihr den Namen des **Barometers** oder **Baroſcops** gegeben; und weil mit der Veränderung des Drucks der Luft gewöhnlich eine Aenderung der Witterung verknüpft iſt, ſo nannte man es auch ein **Wetterglas**.

§. 396. Man hat dem Barometer mancherley Einrichtungen zu geben geſucht, theils um es zu verſchiedenen Anwendungen bequemer, theils die Veränderungen auffallender zu machen und genauer zu meſſen. So wie die Einrichtung §. 379. angegeben iſt, und wie ſie zuerſt bey der Erfindung war, erfordert das Inſtrument viel Queckſilber und iſt nicht bequem zu transportiren. Man krümmte zu dem Ende die Röhre wieder nach aufwärts, und maaß die Höhe der Queckſilberſäule von der horizontalen Oberfläche des Queckſilbers in dem kürzern Schenkel. Da aber das Queckſilber, wenn es in der längern Röhre durch den verminderten Druck der Atmoſphäre, z. B. um einen Zoll, ſinken ſollte, in dieſem kürzern Schenkel ſteigt, und nun hier wieder um ſo viel durch ſeine

eigene Schwere zurückwirkt, folglich macht, daß das in der längern Röhre enthaltene nur um einen halben Zoll ſinken kann; ſo gab man dieſe Einrichtung bald wieder auf, die man doch nachher für die vollkommenſte gefunden hat. Man gab alſo dieſem kürzern Schenkel ein weites kugelförmiges Behältniß, damit das in der längern Röhre herabfallende Queckſilber ſich in einen deſto weitern Raum ausbreiten und hier in der Kugel die Höhe deſſelben nur unmerklich vermehren, auf das Fallen oder Steigen in der engern Röhre aber keinen merklichen Einfluß haben möchte, da Flüſſigkeiten von einerley Art auch in Röhren von ungleicher Weite gleich hoch ſtehen (§. 314.). Je weiter die Kugel des kürzern Schenkels in Vergleichung der torricelliſchen Röhre iſt, um deſto weniger wird das Niveau der Queckſilberfläche in dieſer Kugel durch das Steigen und Fallen des Queckſilbers in der torricelliſchen Röhre erniedrigt oder erhöhet.

§. 397. Zu ganz genauen Beobachtungen aber, und zu ſolchen Verſuchen, wo das Fallen des Queckſilbers ſehr beträchtlich iſt, kann dieſes Barometer aus den angeführten Gründen nicht ſicher angewendet werden, wenn man die Scale nicht beweglich macht. Herr de Luc ging daher zu der erſtern einfachen Einrichtung dieſes Inſtruments wieder zurück, und zeigte, daß das Barometer mit dem nach oben zu gekrümmten, gleich weiten Schenkel, oder das ſo genannte heberförmige oder **Heberbarometer**, alle Vorzüge beſäße, und durch die gehörige Einrichtung deſſelben der vorhin genannte Fehler, daß es die Höhe des

Queck-

Queckſilbers beym Fallen zu groß und beym Steigen zu klein angiebt, völlig gehoben werden könnte. Wenn man nämlich von dem, um welches das Queckſilber in der längern Röhre gefallen iſt, das abzieht, um welches es in dem kürzern Schenkel ſtieg, oder zu dem, um welches es in dem längern Schenkel ſtieg, das, um welches es in dem kürzern fiel, addirt; ſo hat man jedesmal die wahre Höhe des Fallens und Steigens. Nur die Queckſilberſäule in der torricelliſchen Röhre, die über dem Niveau des Queckſilbers im kürzern ſteht, iſt es, die dem Drucke der Luft correſpondirt. Durch ihre Meſſung findet man daher auch immer die Höhe einer Queckſilberſäule, die mit dem Drucke der Luft im Gleichgewichte iſt.

de Luc über die Atmoſphäre, §. 381. ff.

§. 398. Zu der genauen Einrichtung des Barometers gehört: 1) daß es bloß und allein durch Veränderungen im Drucke der Luft afficirt werde und dieſe Veränderung auch wahrhaft anzeige. Dazu iſt nöthig, daß die torricelliſche Leere vollkommen von Luft rein ſey; denn wenn ſie Luft enthält, ſo wird die Queckſilberſäule kürzer ſeyn, als ſie ſollte, und die Wärme wird darauf Einfluß haben. Durch Erhitzung der torricelliſchen Leere muß alſo das Queckſilber in der Röhre nicht herabgedrückt werden oder ſinken. Um dieſe torricelliſche Röhre rein zu erhalten, iſt es nöthig, bey Verfertigung des Barometers das Queckſilber in der Röhre ſtark auszukochen.

Aus der allgemeinen Wirkung der Wärme auf alle Körper wird man leicht einſehen, daß die Barometerhöhe bey größerer Wärme größer, und bey geringerer Wärme kleiner ſeyn müſſe, wenn auch der Druck der Luft derſelbige bleibt. Herr de Luc fand bey genauer Unterſuchung, daß eine

eine 27 Zoll lange Queckſilberſäule vom natürlichen Gefrierpuncte bis zum Siedepuncte des Waſſers um 6 Linien oder $\frac{1}{54}$ ihrer Länge zunehme. Nimmt man dieſe Beſtimmung für die richtige, ſo muß die Queckſilberſäule im Barometer, das beym natürlichen Froſtpuncte auf 27 Zoll ſtand, bey unverändertem Drucke der Atmoſphäre z. B. um eine Linie ſteigen, folglich 325 Linien hoch ſtehen, wenn die Temperatur um den ſechsten Theil des Fundamentalabſtandes vom Thermometer zunimmt und 62° Fahr. oder $13\frac{1}{3}$° Reaum. wird. Die Aenderung der Wärme um 30° Fahr. bringt alſo das Barometer jedesmal um eine Linie höher, und jede Aenderung um 1° um $\frac{1}{30}$ einer Linie. Herr de Luc hat zu dem Ende um mehrerer Bequemlichkeit willen den Fundamentalabſtand vom natürlichen Froſtpuncte bis zum Siedepuncte am Thermometer in 96 gleiche Theile getheilt, und ſo kommt auf jeden 16ten Grad Zunahme der Wärme dieſes Thermometers eine Linie Zunahme der Höhe des Barometers, und auf jede Aenderung der Wärme um einen Grad, $\frac{1}{16}$ Linie Aenderung des Barometerſtandes.

de Luc Unterſ über die Atmoſph. §. 352 — 365.

Ohne durch neue Scalen die Thermometerſprache unnöthiger Weiſe noch mehr zu erweitern, findet man die Berichtigung des Barometerſtandes wegen der Wärme, wenn der am Thermometer beobachtete Grad k, der, auf welchen man die Beobachtung reduciren will, i, und die Zahl der Grade des Fundamentalabſtandes vom Eispuncte bis zum Siedepuncte f heißt, wenn man zur beobachteten Barometerhöhe B noch $\frac{i - k}{54\,f}$ B hinzuſetzt, oder, wenn i — k negativ iſt, $\frac{k - i}{54\,f}$ B davon abzieht. (S. Gehlers phyſical. Wörterb. Art. Barometer.)

Noch iſt hier zu erinnern, daß der Fundamentalabſtand an der Fahrenheitiſchen Scale vom natürlichen Gefrierpuncte bis zum Siedepuncte bey der Beſtimmung des Hrn. de Luc von 27 Z. Barometerhöhe eigentlich nur gleich 178 Gr. geſetzt werden kann, nicht 180 Gr.

van Swinden poſit. phyſ. II. S. 107. f.

Nach Roy (*Philoſ. transact.* Vol. LXVII. S. 635. ff.) beträgt die verlängerte Ausdehnung einer 27 Zoll langen Queckſilberſäule durch die Wärme vom natürlichen Froſtpuncte bis zum Siedepuncte 0,5117 engl. Zoll, oder 5,7617 pariſ. Linien; auch iſt die Zunahme durch gleiche Anzahl von Graden in den verſchiedenen Temperaturen nicht gleich groß; nach Roſenthal (Beyträge zur Verfertigung, Kenntniß und Gebrauch meteorologiſcher Werkzeuge. Gotha. B. I. 1782., B. II. 1784. 8.) iſt die Ausdehnung der Queckſilberſäule 5,56 pariſ. Lin., und nach Luz (Beſchreib. von Barometern, ſ. unten §. 492. Anm.) 5,64 pariſiſche Linien.

Sinnreiche Vorſchläge zur Berichtigung des Barometerſtandes wegen des Einfluſſes der Wärme, ohne Thermometer,

ter, haben La Grange (*Miſcellanea Taurinenſia*, 1759. T. I. S. 15. ff.), Lamonon (*Journal de Phyſique* T. XIX. S. 7. ff.), und Roſenthal (Anleitung, das de Lucſche Barometer zu einem höhern Grade der Vollkommenheit zu bringen, Gotha 1779. 8.), gethan. Es gehört hierzu ein heberförmiges Barometer, deſſen Schenkel ganz genau gleich weit ſind.

van Swinden poſit. phyſ. T. II. S. 104. f.

§. 399. 2) Ein zweyter Umſtand beym Barometer iſt die Scale. Zu dem Ende wird die mit Queckſilber gefüllte, gehörig ausgekochte, und gleich weite Röhre auf ein Bret unbeweglich befeſtigt, und darauf die Scale nach einem ſehr genauen Fußmaaße in Zollen und Linien aufgetragen. Bey uns iſt es gewöhnlich, ſich dazu des Pariſer Fußmaaßes zu bedienen. Beym heberförmigen Barometer zieht man gemeiniglich in der Mitte der Queckſilberſäule in der torricelliſchen Röhre einen horizontalen Strich, trägt die Abtheilungen in Zollen, Linien und Zehntheilchen der Linien oberhalb und unterhalb derſelben auf, und um die jedesmalige wahre Höhe der Queckſilberſäule, die durch den Druck der Luft erhalten wird, zu finden, addirt man den Stand des Queckſilbers oberhalb jener Mittellinie und unterhalb derſelben bis zum Niveau des Queckſilbers im kürzern Schenkel zu einander. Wenn man das Barometer bloß zur Beobachtung der Veränderungen des Drucks der Luft für einerley Ort braucht, ſo iſt es hinreichend, die Unterabtheilungen der Zolle in Linien und Zehntheilchen der Linien, nur einige Zolle oberhalb und unterhalb des Standes des Queckſilbers in beyden Schenkeln anzubringen. Zu den Beobach-

tungen kleinerer Theile des Maaßſtabes dient ein Nonius oder Vernier.

Da man ſich auch des engl., rheinl. und ſchwediſchen Maaßes zu den Beobachtungen hier und da bedient, ſo theile ich hier nach van Swinden (poſit. phyſ. T. II. S. 107.) die Vergleichung derſelben mit:

engl.	rheinl.		pariſ.		ſchwed.
31 Z.	30 Z.	1,13 L.	29 Z.	1,05 L.	26,52 Dec. Z.
30 ſ	29 ſ	1,48 ſ	28 ſ	1,79 ſ	25,66 ſ
29 ſ	28 ſ	1,83 ſ	27 ſ	2,53 ſ	24,81 ſ
28 ſ	27 ſ	2,18 ſ	26 ſ	3,27 ſ	23,95 ſ

§. 400. 3) Bey der Beobachtung des Standes des Queckſilbers im Barometer und der Meſſung der Länge der Queckſilberſäule iſt es nöthig: daß die Röhre des Barometers vollkommen vertical hänge; daß bey der Beobachtung das Auge in einerley horizontaler Ebene mit der Fläche des Queckſilbers gehalten werde; und daß man den Stand des Queckſilbers bey dem höchſten Puncte ſeiner Convexität ermeſſe. 4) Sonſt gehört es noch zur Verfertigung genauer und vergleichender Barometer, als weſentlich: daß das Queckſilber von der größeſten Reinigkeit ſey, und daher einerley eigenthümliches Gewicht in den verſchiedenen Barometern habe, welches allerdings ein Hauptumſtand iſt; daß die Röhre allenthalben gleich weit und ohne Rauhigkeit ſey; daß bey dem heberförmigen Barometer der kürzere Schenkel genau parallel mit dem längern und mit ihm von gleich weitem Durchmeſſer; und endlich, daß die Röhre von gehörigem Durchmeſſer ſey.

van Swinden poſit. phyſ. T. II. S. 94 — 112.

§. 401. Um kleine Veränderungen des Drucks der Luft am Barometer recht bemerkbar zu machen, hat

hat man allerley Complicationen und Künſteleyen daran ausgedacht. Dahin gehören:

1) **Das Huygenſche Doppelbarometer.**

Journ. des Sçav. 1672. Dec. S. 139. Oper. phyſ. T. I. S. 276. *Muſchenbroek* introd. §. 2080.

2) **Das Hookſche oder de la Hire'ſche Doppelbarometer.**

Hook, in den *philoſ. transact.* No. 185. Vol. XVI. S. 241. *De la Hire*, in den *Mém. de l'acad. roy. des ſc.* 1708. S. 157. ff. *Muſchenbroek* introd. §. 2081.

3) **Hooks Radbarometer.**

Hook micrographia. London 1665. Fol. T. XXXVII. Fig. 4. *Muſchenbroek* §. 2089.

4) **Morlands ſchief liegendes Barometer.**

Muſchenbroek introd. §. 2078.

5) **Bernoulli's rechtwinkliges Barometer.**

Muſchenbroek §. 2083.

Alle dieſe Abänderungen des Barometers ſelbſt aber leiſten zu genauen Beobachtungen des Drucks der Luft die gehofften Vortheile nicht, bringen Vermehrung der Friction zuwege, und der Einfluß der Wärme und Kälte darauf läßt ſich nicht leicht und genau berechnen.

de Luc Unterſ. über die Atmoſph. Th. I.

Von Reiſebarometern ſehe man: de Luc a. a. O. Th. II. §. 459. ff. J. G. v. Magellans Beſchreibung neuer Barometer, a. d. Franz. Leipz. 1782. 8. Lichtenbergs Magazin für das Neueſte aus der Phyſ. B. I. St. 3. S. 98. Déſcription d'un barométre portatif par Mr. *J. G. Sulzer*, in den *act. helvet.* T. III. S. 259. ff. Beſchreibung eines neuen Reiſebarometers, von Hrn. Hurter, in Lichtenb. Magaz. B. V. St. 4. S. 84. ff.

§. 402. Wenn eine Portion Luft von der übrigen freyen Luft abgeſchnitten, z. B. in ein Gefäß eingeſchloſſen wird, ſo muß dieſer eingeſchloſſene Theil,

weil er vorher mit der umgebenden Luft im Gleichgewichte, und durch ihren Gegendruck bis auf einen gewiſſen Grad zuſammengedrückt war, eine Elaſticität oder eine Expanſivkraft beſitzen, die jenem Drucke der Luft im Freyen proportional iſt (§. 376.).

§. 403. Der Druck, den ein eingeſchloſſenes elaſtiſches Fluidum durch ſeine Expanſivkraft ausübt, oder ſeine **abſolute Elaſticität**, läßt ſich durch die Höhe der Queckſilberſäule meſſen, die es in einer in dieſem eingeſchloſſenen Raume befindlichen torricelliſchen Röhre zu erhalten fähig iſt.

§. 404. Es muß demnach auch die in einem Gefäße eingeſchloſſene Luft, die mit der äußern nicht in Gemeinſchaft iſt, (bey derſelbigen Wärme,) das Queckſilber in der torricelliſchen Röhre eben ſo hoch erhalten, als ſie es zur Zeit der Einſchließung im Freyen erhielt. So wird dann das Barometer zu einem **Elaterometer** der Luft. Jeder eingeſchloſſene Theil der atmoſphäriſchen Luft wirkt das durch ſeine Elaſticität, was das Gewicht der Luft im Freyen bewirkt, eben weil dieſe Elaſticität dem vorigen Drucke der Luft durch das Gewicht proportional iſt (§. 378.).

§. 405. Es ſey in eine Glaskugel b (Fig. 132.), von welcher unten die wieder nach oben zu gekrümmte Röhre fga ausläuft, ein elaſtiſches Fluidum durch Queckſilber geſperrt, und das Queckſilber reiche in der oben bey a offenen Röhre bis g. Es iſt klar, daß die in der Kugel b eingeſchloſſene elaſtiſche Flüſſigkeit nicht nur, wegen der bey a offenen Röhre,

den Druck der atmoſphäriſchen Luft, ſondern auch noch den Druck der Queckſilberſäule gf zu tragen habe, und damit im Gleichgewichte ſey, und daß folglich ihre abſolute Elaſticität durch die dermalige Höhe der Queckſilberſäule eines daneben hängenden Barometers, addirt zu der Höhe der Queckſilberſäule gf, gemeſſen werde.

§. 406. Nun läßt ſich auch leicht erklären, warum durch die Elaſticität der eingeſchloſſenen Luft dieſelbigen Erſcheinungen des Druckes und dieſelbigen Wirkungen hervorgebracht werden können, als durch den Druck vermittelſt ihres Gewichts im Freyen (§. 379 — 394.).

§. 407. Die in einem Gefäße eingeſchloſſene Luft drückt durch ihre Elaſticität gegen die Wände des Gefäßes von innen ſo ſtark, als die Luft von außen gegen dieſelbige durch ihr Gewicht drückt (§. 376.), ſo lange ſie im Innern des Gefäßes von der gleichen Beſchaffenheit bleibt, als die äußere. Wird aber der Druck der äußern Luft größer oder kleiner, ſo kann kein Gleichgewicht mehr mit dem Drucke der innern Luft Statt finden.

Hierher gehört das Anſchwellen einer mit wenig Luft gefüllten Blaſe unter der Glocke der Luftpumpe; das Springen des Waſſers aus dem Heronsballe daſelbſt.

§. 408. Wenn auf eine tropfbare Flüſſigkeit die Luft an zwey Stellen drückt, an der einen durch ihr Gewicht, an der andern aber, in einem Gefäße eingeſchloſſen, durch ihre Elaſticität, und es wird nun in dieſem Gefäße die Luft verdünnt: ſo wird das

Gleich-

Gleichgewicht gehoben; die tropfbare Flüſſigkeit wird durch den Druck der äußern Luft in das Gefäß getrieben und ſteigt ſo hoch, bis der ſenkrechte Druck der aufgeſtiegenen Säule und die Elaſticität der darüber ſtehenden Luft das Gleichgewicht mit dem Drucke der äußern Luft halten.

Es werde eine Flaſche von elaſtiſchem Harze, die zuſammengedrückt iſt, mit ihrer offenen Mündung in Waſſer gehalten. So wie ſie ſich wieder ausdehnt, wird die Luft darin verdünnt, und das Waſſer ſteigt darin empor.

§. 409. Hierauf gründet ſich auch die Wirkung der Saugpumpen (Antliae aſpirantes, ſuctoriae), in welchen durch den einſeitigen Druck der Luft auf die Fläche des Liquidums dieſes in den Stiefel der Pumpe emporgehoben wird. Die größeſte Höhe, zu welcher das Liquidum darin durch den ganzen Druck der Luft erhoben werden kann, iſt die, in welcher eben dieſes Liquidum in einer torricelliſchen Röhre ſtehen würde. Daraus folgt denn, daß eine und dieſelbige Flüſſigkeit an höhern Orten durch die Saugpumpe nicht ſo hoch erhoben werden könne, als in niedrigern (§. 384.), und daß bey unverändertem Drucke der Luft die ſpecifiſch ſchwerere Flüſſigkeit darin nicht ſo hoch getrieben werde, als die ſpecifiſch leichtere, ſondern daß die Höhen, zu welchen Flüſſigkeiten ungleicher Art durch gleichen Druck der Luft darin empor gehoben werden können, ſich umgekehrt verhalten wie ihre eigenthümlichen Gewichte (§. 329.)

Hierher gehört auch eine ſchon von Muſchenbroek vorgeſchlagene Methode, die eigenthümlichen Gewichte der Flüſſigkeiten aus den Höhen zu beſtimmen, zu welchen ſie durch einerley Druck der Luft erhoben werden. Das von ihm beſchrie-

ſchriebene Werkzeug kommt mit dem überein, welches ſpäterhin Scanegatty, unter dem Namen *Hygroclimax*, und dann auch Achard für neu ausgeben.

Muſchenbroek introd. ad philoſ. natural. T. II. §. 1395. T. XXIX. Fig. 14. T. XXXII. Fig. 11. *Scanegatty* im *Journ. de phyſ.* T. XVII. S. 81. Achards Vorleſungen über die Experimentalphyſik. Th. I. S. 164.

§. 410. Ferner gründet ſich auf dieſes gehobene Gleichgewicht und den daher entſtehenden einſeitigen Druck der Luft (§. 407. 408.) die Wirkung des Saugens der Kinder, beym Tobakrauchen, u. ſ. w.; der Mechanismus beym Trinken, beym Athmen; die Wirkung der Schröpfköpfe (Cucurbitulae ſcarificatoriae); das Füllen der Blaſebälge mit Luft; die Wirkung des Stechhebers (Antlia oinopolarum); Sturms intermittirender Brunnen.

Muſchenbroek a. a. O. §. 2114.

§. 411. Wenn die Luft in einem Gefäße zuſammengedrückt oder auch mehr Luft in das Gefäß gezwängt wird, ſo wächſt ihre Dichtigkeit, und zwar im umgekehrten Verhältniſſe ihres Raumes (§. 52.); es wächſt aber auch ihre Elaſticität (§. 374.), und der Druck, den ſie im mehr verdichteten Zuſtande durch ihre Expanſivkraft ausübt, iſt eben ſo groß, als den ſie bey derſelbigen Dichtigkeit im Freyen ausüben würde (§. 404.).

§. 412. Der Druck der in einem Gefäße eingeſchloſſenen und comprimirten Luft gegen die Wände des Gefäßes, und überhaupt gegen das Hinderniß ihrer Expanſion, verhält ſich demnach (bey gleicher Wärme) zum Drucke der äußern Luft, wie die Dichtigkeit von

jener zur Dichtigkeit von dieſer, oder wie die Anzahl der Verdichtungen zur Einheit. Wenn alſo die Luft in einem Gefäße doppelt ſo dicht iſt, als die äußere, (bey übrigens gleicher Wärme,) ſo iſt es eben ſo gut, als ob die Luft im Gefäße die Dichtigkeit der äußern Luft hätte, auswendig aber alle Luft weggenommen wäre.

van Swinden poſitiones phyſ. T. II. §. 254. ff.

§. 413. Zur bequemen Zuſammenpreſſung der Luft dient die **Druckpumpe** oder **Compreſſions-pumpe**. Die **Winklerſche Druckpumpe** vereinigt Einfachheit mit Bequemlichkeit, und ich bediene mich ihrer mit einigen Abänderungen.

Winklers Anfangsgr. der Phyſ. Leipz. 1754. 8. S. 130. ff. Eine ähnliche Maſchine beſchreibt Wolf (Nützl. Verſ. Th. III. S. 4. ff.

§. 414. Auf den vermehrten Druck der einge-ſchloſſenen comprimirten Luft gründet ſich die Wir-kung und Einrichtung

1) des **Heronsballes** (Pila *Heronis*) und des *Fonticulus compreſſionis*.

Muſchenbroek a. a. O. §. 2110.

2) Des **Heronsbrunnens** (Fonticulus *Heronis*).

Muſchenbroek a. a. O. §. 2110.

3) Der **Windbüchſe** (Sclopeta pneumatica).

Muſchenbroek a. a. O. §§. 2111. 2112.

4) Der **magiſchen Tonne**.

Karſtens Anfangsgr. der Naturwiſſenſch. §. 288.

§. 415. Die Erfahrung lehrt, daß die Räume, zu welchen einerley Maſſe von Luft bey ſich gleich blei-

bleibender Temperatur durchs Zuſammenpreſſen gebracht werden kann, ſich umgekehrt verhalten, wie die drückenden Kräfte oder Gewichte; und zwar ergeben die Verſuche dieſes Geſetz, welches das Boyle'ſche oder **Mariottiſche Geſetz** heißt, ſo wohl bey der verdichteten als bey der verdünnten atmoſphäriſchen Luft.

Rob. Boyle defence againſt the objections of *Linus*. Lond. 1662. 4. (cap. V.).

Mariotte eſſay de logique. à Paris 1678. S. 678.

§. 416. Um dieſes Geſetz für dünnere Luft, als die gewöhnliche atmoſphäriſche iſt, zu beſtätigen, läßt ſich die Erfahrung auf folgende Art anſtellen. Es ſey AB (Fig. 133.) eine mit Queckſilber gehörig gefüllte, gleich weite, torricelliſche Röhre, die in dem Gefäße B in Queckſilber vertical ſteht. Das Queckſilber reiche darin durch den Druck der äußern Luft bis C, und CB ſey alſo die dermalige Barometerhöhe, AC die torricelliſche Leere. Man laſſe nun eine Portion dieſer Luft, die für ſich unter dem dermaligen ganzen Drucke der Luft den Raum AD meſſen würde, in die Röhre hinauftreten. Der Erfolg wird ſeyn, daß das Queckſilber in der Röhre nicht bis D, ſondern tiefer herabſinken wird, z. B. bis E, und daß folglich die Luft ſich von dem Raume AD zu dem Raume AE ausdehnen wird. Die Elaſticität dieſer dünnern Luft zuſammen mit dem Gewichte der Queckſilberſäule EB ſtehen im Gleichgewichte mit dem Drucke der Atmoſphäre oder der gleich geltenden Queckſilberſäule CB; folglich ſteht auch der eingeſchloſſene Luftraum

raum AE allein im Gleichgewichte mit einer Queckſilberſäule von der Höhe CB weniger der Höhe EB, oder von der Höhe CE. Es kann demnach das Gewicht der äußern Luft, das die verdünnte Luft in AE zuſammendrückt, durch das Gewicht der Queckſilberſäule CE ausgedrückt werden. Wird der Verſuch mit der gehörigen Genauigkeit angeſtellt, ſo verhalten ſich die Räume der Luft AD und AE, wie CB zu CE, oder umgekehrt wie die reſpectiven auf ſie drückenden Gewichte.

Muſchenbroek a. a. O. §. 2104. 's Graveſande hat zur Anſtellung des Verſuchs einen genauen Apparat beſchrieben (elem. phyſ. §. 2102. ff.).

Sonſt läßt ſich der Verſuch auf eine leichtere Weiſe auch ſo anſtellen, daß man die Glasröhre zum torricelliſchen Verſuche (§. 379) nur zum Theile mit Queckſilber füllt, und darüber Luft ſtehen läßt, dann ihre Oeffnung mit dem Finger zuhält, die Röhre umkehrt, die Luft in das andere Ende der Röhre treten läßt, und die Länge des Raumes mißt, den ſie einnimmt; hierauf die mit dem Finger geſchloſſene Oeffnung in das Gefäß mit Queckſilber bringt, den Finger wegzieht und die Höhe merkt, in der das Queckſilber durch den Druck der äußern Luft darin zurückbleibt. Es verſteht ſich, daß man hierbey allen Einfluß der Wärme auf die eingeſchloſſene Luft vermeiden muß.

§. 417. Für die verdichtete Luft läßt ſich das Geſetz auf folgende Art leichter durch Verſuche beweiſen. Es ſey PONM (Fig. 134.) eine gekrümmte, allenthalben gleich weite gläſerne, Röhre, deren Schenkel MN und PO genau parallel laufen; ſie ſey in M geſchloſſen, in P aber offen. Es ſey etwas Queckſilber in dieſelbige geſchüttet und fülle den Theil NO derſelben an, wodurch nun die Luft in NM dadurch geſperrt iſt. Wenn das Queckſilber in N in gleicher Höhe ſteht mit dem in O, ſo hat die Luft in NM das Gewicht der Queckſilberſäule zu tragen, welche der

derma=

dermaligen Barometerhöhe = a correſpondirt. Man gieße nun mehr Queckſilber in die Röhre PQ, z. B. bis zur Höhe X, ſo wird die Luft im Schenkel MN dadurch ſtärker zuſammengepreßt und z. B. den kleinern Raum MZ einnehmen. Man ziehe die Horizontallinie ZF, ſo iſt klar, daß die in MZ eingeſchloſſene Luft jetzt das Gewicht der Queckſilberſäule von der dermaligen Barometerhöhe = a und der Queckſilberſäule XF zuſammen zu tragen habe. Bey genau angeſtelltem Verſuche aber, und gleich bleibender Temperatur, wird der Raum MZ, den die ſtärker zuſammengedrückte Luft jetzt einnimmt, zu dem Raume MN, den ſie vorher einnahm, ſich verhalten, wie a zu XF + a; folglich umgekehrt wie die reſpectiven auf ſie drückenden Gewichte.

Muſchenbroek a. a. O. §. 2105.

§. 418. Die Abweichungen, die einige bey ihren Erfahrungen hierüber gefunden haben wollen, kommen auf Rechnung von Fehlern, die bey Anſtellung dieſer Verſuche leicht möglich ſind, ſo wohl in Anſehung der Meſſung, als beſonders des Einfluſſes der Wärme und Feuchtigkeit.

van Swinden poſitiones phyſ. T. II. §. 263.

§. 419. **Muſchenbroek** fand das Mariottiſche Geſetz bey einer vierfachen, und **Winkler** bey einer achtfachen Verdichtung der gewöhnlichen Luft noch zutreffend. Wie weit es aber überhaupt bey den möglichen Graden der Verdichtung oder Verdünnung der Luft noch zutreffe, das wiſſen wir nicht.

Muſchen-

Muſchenbroek a. a. O. §. 2107. Gehlers phyſ. Wörterb. Th. III. S. 15.

Wenn Luft ganz ins Innere der Erde dringt und mit der äußern Luft in Communication iſt; und wenn das Mariottiſche Geſetz dafür noch immer geltend bleibt: ſo müßte dieſe Luft weiter hinab immer dichter und dichter werden, und endlich das ſpeciſiſche Gewicht des Goldes erlangen und darüber, und zwar ſchon bey einer Tiefe, die noch nicht den achtzigſten Theil des Radius der Erde betrüge.

§. 420. Es iſt nach der Natur der expanſibeln Flüſſigkeiten wahrſcheinlich, daß das Mariottiſche Geſetz auch bey andern Gasarten Statt finde; wenigſtens ſcheinen einige ſchon angeſtellte Verſuche dies zu beſtätigen.

Felix Fontana opuscules phyſiques et chymiques. à Paris 1784. 4. S. 126. *Herbert* diſſ. de aëre fluidisque ad aëris genus pertinentibus. Vienn. 1773. 8. S. 96. ff.

§. 421. Da ſich die Dichtigkeit einer Materie umgekehrt verhält, wie die Räume, die ſie einnimmt (§. 52.), ſo folgt aus dem Mariottiſchen Geſetze, daß die Dichtigkeit einer elaſtiſchen Flüſſigkeit, bey übrigens gleichen Umſtänden, ſich verhalte, wie die auf ſie drückenden Kräfte oder Gewichte.

§. 422. Weil ferner die Expanſivkraft oder Elaſticität einer elaſtiſchen Flüſſigkeit der ſie zuſammendrückenden Kraft proportional iſt (§. 376.), ſo muß ſie ſich auch, bey übrigens gleicher Wärme, verhalten, gerade wie die Dichtigkeit, und umgekehrt wie die Räume, die ſie einnimmt.

§. 423. Ein elaſtiſches Fluidum, welches bloß ſeiner Expanſivkraft in der Verbreitung folgte, müßte ſich ins Unendliche verbreiten, weil die Ausſpannungskraft ſich nicht durch ſich ſelbſt beſchränken kann

(§.

(§. 39.); es würde alſo keine dauernde Atmoſphäre um unſere Erde bilden können. Wenn aber das elaſtiſche Fluidum zu gleicher Zeit auch ſchwer iſt, ſo wird durch die Schwerkraft deſſelben ſeine Beſchränkung möglich, indem die Schwerkraft ſeiner Theile mit der Entfernung von der Erde in einem weit geringern Verhältniſſe als die Expanſivkraft bey ſeiner Verbreitung abnimmt. Jene nimmt nämlich im Verhältniſſe des Quadrats der Entfernung vom Mittelpuncte der Erde ab, dieſe hingegen nimmt ab im Verhältniſſe des Cubus dieſer Entfernung; und ſo muß endlich die Expanſivkraft mit der Schwerkraft ins Gleichgewicht kommen und durch dieſe beſchränkt werden.

Es bilde ein ſchweres elaſtiſches Fluidum eine Sphäre ABDE (Fig. 135.); ihr Radius ſey AC, und C der Punct, gegen welchen die Schwerkraft gerichtet iſt. Dieſe Sphäre breite ſich zu der größern FGHI aus, deren Radius FC = 2AC iſt. Das elaſtiſche Fluidum wird nun einen Raum erfüllen, der 8mal größer iſt, als der vorige; denn der Raumesinhalt der Kugeln iſt den Cubis ihrer Halbmeſſer gleich. Es iſt alſo der Raumesinhalt der Sphäre FGHI zu dem der Sphäre ABDE, wie $FC^3 : AC^3 = 2^3 : 1^3 = 8 : 1$. Weil ſich nun die Expanſivkraft des elaſtiſchen Fluidums umgekehrt verhält, wie der Raum, zu welchem es ſich ausbreitet (§. 422.), ſo muß die Expanſivkraft eines Antheils deſſelben an der Grenze der Sphäre F 8mal kleiner ſeyn, als an der Grenze der vorigen Sphäre A. Die Schwerkraft nimmt hingegen nur ab, wie das Quadrat der Entfernungen von C, und es muß daher dieſelbe in einem Antheile des Fluidums an der Grenze der Sphäre F gegen die Schwerkraft deſſelben an der Grenze der Sphäre A nur vermindert ſeyn in dem Verhältniſſe von $FC^2 : AC^2 = 2^2 : 1^2 = 4 : 1$.

Die Unterſuchung und nähere Beſtimmung über die Abnahme der Dichtigkeit der Schichten der Atmoſphäre unſerer Erde mit der Zunahme der Höhen nach dem Mariottiſchen Geſetze, und die darauf gegründete Methode, die Höhen der Oerter durchs Barometer zu meſſen, können hier noch nicht vorgetragen werden, ſondern finden am beſten den Platz in der Folge bey der ſpeciellen Betrachtung der Atmoſphäre unſerer Erde.

§. 424.

§. 424. Die Wirkungen des Druckes der Luft durch ihr Gewicht und ihre Elaſticität hat man beſonders erſt durch die **Luftpumpe** (Antlia pneumatica) kennen gelernt. Sie iſt die Erfindung eines Deutſchen, des Magdeburgiſchen Burgemeiſters **Otto von Guerike**. Er ſtellte ſeine, nach der damaligen Zeit ſehr merkwürdige, Verſuche zuerſt im Jahre 1654 öffentlich zu Regensburg, in Gegenwart des Kaiſers **Ferdinands des Dritten** und mehrerer deutſchen Reichsfürſten an. **Caſpar Schott** machte dieſe Verſuche zuerſt bekannt. Aus ſeiner Schrift lernte ſie **Robert Boyle**, der nachher dieſe Erfindung mit einigen Veränderungen noch mehr verbreitete.

Caſp. Schotti ars mechanico - hydraulico - pneumatica. Herbip. 1657. 4. *Otton. de Guerike* experimenta nova, ut vocantur, magdeburgica, de vacuo ſpatio. Amſtelaed. 1672. Fol. *Rob. Boyle* nova experimenta phyſico-mechanica de vi aëris elaſtica et eiusdem effectibus; ex angl. transl. Genev. 1680.; in ſeinen *operibus*.

§. 425. Das Weſentliche der Luftpumpe beſteht aus einem hinlänglich ſtarken metallenen Cylinder oder dem **Stiefel**, der inwendig ſo genau als möglich von gleich weitem Durchmeſſer iſt, und in welchem ein genau paſſender **Stempel** (Embolus) bequem auf- und niedergeſchoben werden kann. In den Boden des Stiefels tritt eine Röhre, welche durch einen **Teller** geht, auf welchen man den **Recipienten** oder das Gefäß aufſetzt, aus welchem die Luft **ausgepumpt** werden ſoll.

§. 426. Wenn der Stempel von dem Boden des Stiefels in die Höhe gezogen wird, ſo tritt die

Luft

Luft unter dem Recipienten, der auf den Teller der Luftpumpe genau anſchließen muß, wegen ihrer Elaſticität durch die Röhre in den Stiefel, und die Luft wird alſo unter dem Recipienten verdünnt. Beym Zurückſtoßen des Stempels in den Stiefel darf nun die Luft nicht wieder unter den Recipienten treten, ſondern es muß die Einrichtung getroffen ſeyn, daß die Luft einen andern Ausgang finden kann. Iſt dies geſchehen und wird der Stempel von neuem in die Höhe gezogen, ſo wird die Luft unter dem Recipienten abermals wieder in den Stiefel treten, und ſolcher Geſtalt bey wiederholter Arbeit immer mehr und mehr verdünnt werden. Je größer der Raum des Cylinders in Vergleichung mit dem Recipienten iſt, deſto ſtärker und ſchneller geſchieht auch die Verdünnung.

§. 427. Um beym Zurückſtoßen des Stempels die in den Stiefel getretene Luft zu nöthigen, einen andern Ausweg zu finden, und zu verhindern, daß ſie nicht wieder in den Recipienten zurücktreten kann, dient entweder ein Hahn in der den Stiefel mit dem Teller verbindenden Röhre, der auf eine doppelte Art durchbohrt iſt, und hiernach beym Heraufziehen und Herunterſtoßen des Stempels jedesmal gedrehet werden muß, oder es ſind Ventile angebracht, eines im Boden des Stiefels, und eines in dem Stempel, die ſich beyde aufwärts öffnen. Bey den Luftpumpen mit einem Hahne iſt der Stiefel gewöhnlich und wegen der mehrern Bequemlichkeit liegend, entweder ganz horizontal, oder ſchief gegen den Horizont; bey denen

mit

mit Ventilen iſt er ſtehend, und ſie heißen deswegen auch wohl **verticale Luftpumpen.** Man hat dieſe auch mit zwey Cylindern, die ſich in der gemeinſchaftlichen Röhre des Tellers endigen und zum ſchnellern Auspumpen ſehr bequem ſind. Sonſt ſind bey allen dieſen Luftpumpen mancherley Vorrichtungen angebracht worden, den Stempel in dem Cylinder bequemer auf- und niederzubewegen. Um übrigens in den Raum unter dem Recipienten auf dem Teller wieder bequem Luft laſſen zu können, muß die Verbindungsröhre zwiſchen dem Stiefel und dem Teller mit einem Hahne oder Wirtel verſehen ſeyn.

§. 428. Seit der Erfindung der Luftpumpe durch **Otto von Guericke** und ihrer erſten Verbeſſerung durch **Rob. Boyle** iſt man häufig bemüht geweſen, dem Werkzeuge theils mehrere Vollkommenheit, theils mehrere Bequemlichkeit zu geben. Dieſe Bemühungen haben aber auch zum Theile das Inſtrument complicirt gemacht. Auf die Verſchiedenheit der Einrichtung des dabey angewendeten Mechanismus gründen ſich verſchiedene Arten der Luftpumpen, wovon ich hier nur die gewöhnlichern und die neuern nenne:

1) **Senguerds Luftpumpe.** Sie iſt mit einem Hahne und ſchief liegend oder horizontal, und die gezahnte Stempelſtange wird vermittelſt eines Kreuzhaſpels aus- und eingewunden.

Wolfs nützliche Verſ. Th. I. S. 112. ff.

2) Hawksbee's Luftpumpe. Sie iſt mit doppelten, ſtehenden, Stiefeln und mit Ventilen. Die bezahnten Kolbenſtangen werden durch ein Stirnrad vermittelſt einer Kurbel auf- und niedergewunden.

Acta eruditorum. Supplem. V. S. 403.
Hawksbee experiences phyſico-mécaniques, trad. de l'Angl. à Paris 1754. 2 Vol. 8.

3) Leupolds Luftpumpe. Sie iſt von der vorigen dadurch unterſchieden, daß die Kolbenſtangen an einer Art Waagebalken durch einen doppelarmigen Hebel auf- und niedergedrückt werden.

Acta erudítor. 1713. S. 95. Leupolds deutliche Beſchreibung der ſo genannten Luftpumpe. Leipz. 1707. 4. Erſte Fortſetzung. 1711. 4.

4) Nollets einfache und doppelte Luftpumpe. Sie haben die Einrichtung, daß einerley Mechanismus, welcher die Kolben zu bewegen dient, auch den Hahn jedesmal in die rechte Stellung verſetzt.

Nollet, in den *Mém. de l'acad. roy. des ſc.* 1740. S. 385. und 567.; 1741. S. 338.; imgl. in den *Leçons de Phyſ. expérim.* T. III. Leç. X. Karſtens Lehrbegriff der geſ. Mathematik, Th. VI. S. 432. ff.

's Graveſande's einfache und doppelte Luftpumpe ſind im Weſentlichen den Nolletſchen ähnlich, nur mehr zuſammengeſetzt.

Joh. von Muſchenbroek Beſchreibung der doppelten und einfachen Luftpumpe, a. d. Franz. überſ. von M. Joh. Chriſtoph Thenn. Augsb. 1765. 8. Karſtens Lehrbegr. Th. VI. S. 439. ff.

5) Smeatons Luftpumpe, mit Ventilen, und ſo eingerichtet, daß ſie auch zum Zuſammendrücken der Luft angewendet werden kann.

A Letter from M. J. *Smeaton*, concerning ſome improvements made by himſelf in the air-pump; in den *philoſ. transact.* Vol. XLVII. S 415. ff. Karſtens Lehrbegriff der Mathem. Th. VI. S. 443. ff. Ebendeſſelben Anfangsgr. der Naturl. §. 232. ff.

Einige Verbeſſerungen dieſer Luftpumpe hat Hr. Leiſte angegeben. (Beſchreibung einer neuen Luftpumpe. Wolfenbüttel 1772. 4.)

Die Smeatonſche Luftpumpe, mit den von Nairne und Blunt angebrachten Verbeſſerungen, beſchreibt Hr. Lichtenberg. (Erxlebens Anfangsgr. der Naturlehre, 4te und 5te Aufl. nach der Vorrede.)

6) Cuthberſons Luftpumpe ohne Hähne und Ventile, mit Stöpſeln und Oehlladen.

Beſchreibung einer verbeſſerten Luftpumpe, von Joh Cuthberſon, a. d. Engl. Mannheim 1788. 8.

7) Schraders Luftpumpe, mit metallenen Kegelventilen.

Beſchreibung einer neuen und vollkommenen Einrichtung der Luftpumpe. Flensb. und Leipz. 1791. 8., und in Grens Journ. d. Phyſ. B. III. S. 357. ff.

Als eigenthümliche Arten der Luftpumpen ſind folgende anzuſehen:

8) Baaders Luftpumpen mit Queckſilber.

a) Phyſicaliſches Tagebuch, von Hübner. I. Jahrg. 1784. S. 650.

b) Grens Journ. d. Phyſ. B. II. S. 326. ff.

9) Hindenburgs Luftpumpe mit Queckſilber.

Antliae novae hydraulico - pneumaticae mechaniſmus et deſcriptio, auct. *C. F. Hindenburg.* Lipſ. 1787. 4.

§. 429. Zu den Erforderniſſen einer guten Luftpumpe gehört: daß ſie die Luft ſo viel als möglich verdünne; daß dies ſchnell genug geſchehe; daß ſie zur Anſtellung der nöthigen Anzahl von Verſuchen geſchickt und von einfacher Conſtruction ſey; und daß ſie keinen zu großen Aufwand von Kräften bey der Bewegung der Stempel erfordere.

Eine Vergleichung der mehreſten der (§. 428.) angeführten Luftpumpen nach dieſen Erforderniſſen, ſehe man bey *van Swinden* poſit. phyſ. T. II. S. 143. ff.

§. 430.

§. 430. Zu den Recipienten bey der Luftpumpe bedient man ſich in den mehreſten Fällen gläſerner Glocken von hinlänglicher Stärke, deren Gewölbe der äußern Luft widerſteht, wenn der Druck derſelben durch die Verdünnung der Luft unter der Glocke einſeitig wird. Um das Eindringen der äußern Luft zwiſchen dem Rande der Glocke und dem Teller zu verhüten, dient ein naß gemachtes Leder, in deſſen Mitte ein Loch für die Oeffnung im Teller iſt. Der Rand der Glocke muß recht eben und glatt geſchliffen ſeyn. Man drückt ſie anfangs etwas auf den Teller auf, bis ſie hernach bey weiterm Fortpumpen durch den Druck der Atmoſphäre feſt genug anſchließt. Wo aber die Feuchtigkeit des Leders ſchädlich ſeyn könnte, bedient man ſich eines guten Küttes. Sonſt verbindet man auch andere Gefäße, aus denen man die Luft auspumpen will, durch Zapfen mit Schraubenmuttern, die in den Schraubengang der Verbindungsröhre des Tellers genau paſſen, und bringt auch noch mit Oehl getränktes Leder dazwiſchen. Um dieſe Gefäße mit der verdünnten Luft von der Luftpumpe abzunehmen, dient ein genau ſchließender Hahn in dem Zapfen.

Von der nöthigen Einrichtung des Recipienten, um verſchiedene Bewegungen darunter vornehmen zu können, ſ. *'s Graveſande* elem. phyſ. §. 2476 — 2484.

§. 431. Durch die Luftpumpe kann man keinen vollkommen luftleeren oder torricelliſchen Raum (§. 379.) hervorbringen, ſondern eigentlich nur eine ſtarke Verdünnung der Luft. Die Dichtigkeit der Luft

 unter

unter dem Recipienten nimmt in geometriſcher Progreſſion beym gleichförmigen Auspumpen ab. Bey gleich großen Zügen verhält ſich ihre Dichtigkeit vor jedem Zuge zur Dichtigkeit nach jedem Zuge wie der Raum, in den ſie ſich nach dem Zuge ausbreitet, zu dem Raume, in dem ſie vor dem Zuge eingeſchloſſen war.

§. 432. Die Verdünnung der Luft unter dem Recipienten der Luftpumpe, oder eigentlich die Elaſticität der darunter befindlichen expanſibeln Flüſſigkeit, was oft Waſſerdampf iſt, beurtheilt man durch Elaterometer. Dahin gehört: 1) eine Barometerröhre, die mit ihrem obern offenen Ende durch den Teller der Luftpumpe luftdicht tritt und ſolcher Geſtalt mit dem Raume des darauf ſtehenden Recipienten in Gemeinſchaft iſt, deren unteres offenes Ende aber in einem hinlänglich weiten Gefäße mit Queckſilber ſteht, von deſſen Oberfläche an eine genau eingetheilte Scale angebracht, und woran die Barometerröhre ſelbſt befeſtigt iſt. Wenn nun die Luft unter dem Recipienten verdünnt wird, ſo wird ſie es auch in dieſer Barometerröhre, und der Druck der äußern Luft treibt das Queckſilber darin in die Höhe. Aus der Höhe des Queckſilbers darin, abgezogen von der dermaligen Barometerhöhe, ergiebt ſich das Verhältniß der Elaſticität des elaſtiſchen Fluidums unter dem Recipienten. Dieſer Elaſticitätszeiger ſcheint vor andern deshalb Vorzüge zu haben, weil dadurch gleich vom Anfange an die Grade der Verdünnung der Luft beurtheilt werden können, und die Luft, die ſich etwa aus dem Queckſilber ent-

entwickelt, hierbey nicht nachtheilig wird. Wenn das obere Ende der Barometerröhre zur Seite gekrümmt nicht in den Teller, ſondern in deſſen Communicationsröhre tritt, ſo iſt es noch vortheilhafter, und auch da zu brauchen, wo man auf die Röhre die Gefäße, worin die Luft verdünnt werden ſoll, aufſchraubt.

's Graveſande a. a. O. §. 2151.

§. 433. 2) Die **gewöhnliche Barometerprobe**, eine kurze, mit Queckſilber gefüllte, oben geſchloſſene, unten offene, Glasröhre, die mit ihrem untern Ende in einem Glaſe mit Queckſilber ſteht und mit einer Scale verſehen iſt. Das Queckſilber fängt erſt an, darin zu fallen, wenn die Luft unter dem Recipienten bis zu einem gewiſſen Grade der Verdünnung gekommen iſt. Die Höhe des darin zurückbleibenden Queckſilbers wird als Maaßſtab für die Elaſticität angeſehen. Wenn aber auch das Queckſilber in dieſer Röhre ausgekocht worden iſt, ſo vermiſcht es ſich doch bey ſeinem Fallen nachher mit dem Queckſilber des Gefäßes, wodurch beym folgenden Gebrauche das Queckſilber darin wieder lufthaltig iſt, und ſo die Probe unrichtig macht.

§. 434. Beſſer iſt daher 3) die **heberförmige Barometerprobe**, oder ein abgekürztes heberförmiges Barometer, welches ausgekochtes Queckſilber enthält. Man beurtheilt hier ebenfalls die Elaſticität des Fluidums unter dem Recipienten aus der Höhe der Queckſilberſäule in dem geſchloſſenen Schenkel über dem Niveau des Queckſilbers in dem offenen Schenkel.

§. 435.

§. 435. 4) **Smeatons Elaſticitätszeiger.** In einer heberförmigen, gläſernen, gleich weiten Röhre CBAG (Fig. 136.), deren kürzerer Schenkel geſchloſſen, und deren längerer bey G offen iſt, befindet ſich Queckſilber, z. B. von I bis D, und der Theil CD enthält Luft. Wird nun die Luft im Raume des Recipienten, worin ſich der Elaſticitätszeiger befindet, verdünnt, ſo dehnt ſich die Luft in CD durch ihre Elaſticität aus, und das Queckſilber ſteigt im längern Schenkel, bis Gleichgewicht da iſt.

Zu Folge des Mariottiſchen Geſetzes läßt ſich die Verdünnung der Luft aus der Höhe des Queckſilbers in dieſem Elaſticitätszeiger nach van Swinden auf folgende Weiſe beurtheilen. Es ſey das Queckſilber im kürzern Schenkel von D bis B herabgedrückt; es ſey CD = a; b ſey die dermalige Barometerhöhe; IE = c ſey die Höhe des Queckſilbers über dem vorigen Niveau, oder über dem Anfange der Scale, und gleich DB; x zeige an, wie vielmal die Luft im Recipienten dünner ſey: ſo iſt $x = \frac{b(a + c)}{ba - c(a + c)}$.
van Swinden poſ. phyſ. T. II. S. 153.

§. 436. Alle dieſe Proben zeigen eigentlich an, wie vielmal minder elaſtiſch die expanſibele Flüſſigkeit unter dem Recipienten ſey, als die Luft, die vor dem Auspumpen darunter war; aber ſie geben keinesweges die Verdünnung der noch übrigen atmoſphäriſchen Luft an, außer wenn man annehmen dürfte, daß ſich gar kein anderes elaſtiſches Fluidum darunter gebildet hätte. Dies iſt aber nicht der Fall, ſondern es erzeugt ſich Dampf aus der Feuchtigkeit, dem Oehle, u. dergl., der als elaſtiſches Fluidum die Elaſticitätsmeſſer afficirt und macht, daß ſie einen geringern Grad der Verdünnung der Luft angeben, als dieſe wirklich erlit-

ten

ten hat, und als ſie angeben würden, wenn ſich kein Dunſt gebildet hätte.

§. 437. Um die wirkliche Verdünnung der Luft unter dem Recipienten zu erfahren, braucht man die Smeatoniſche, ſo genannte, **Birnprobe**, ein gläſernes, birnförmiges Gefäß, das unten offen iſt und ſich oben in eine genau cylindriſche Röhre endigt, deren Inhalt einen genau beſtimmten aliquoten Theil des ganzen Inhaltes des Gefäßes ausmacht und wiederum in kleinere Abtheilungen getheilt iſt. Man hängt die leere Probe an einen beweglichen Stift, der durch eine Lederbüchſe in dem Gewölbe des Recipienten geht und dadurch herauf- und herabbewegt werden kann, unter den Recipienten über einem Gefäße mit Queckſilber auf, pumpt die Luft ſo ſtark als möglich aus dem Recipienten aus, drückt dann die Birnprobe mit ihrer offenen Mündung in das Queckſilber tief genug hinab, und läßt nun wieder die äußere Luft unter den Recipienten treten. Jetzt drückt dieſe das Queckſilber in den Raum der Birnprobe hinauf, zugleich wird der Dunſt, der den Elaſticitätsmeſſer (§. 436.) afficirte, hierbey durch dieſen Druck zerſetzt, und es bleibt bloß die Luft übrig. Der Raum dieſer oben in der Röhre der Birnprobe übrig bleibenden Luft, verglichen mit dem Raume des ganzen Gefäßes, zeigt an, wie vielmal die Luft unter dem Recipienten wirklich dünner geweſen ſey. Aber es iſt hierbey wohl zu erinnern: daß, wenn die Birnprobe den wirklichen Grad der Verdünnung der Luft anzeigen ſoll, es unumgänglich nothwendig iſt, daß das Queck-

ſilber außerhalb der Birnprobe in dem Gefäße, worein man ſie taucht, nicht niedriger ſtehe, als inwendig, ſondern in gleichem Niveau damit ſey, ſonſt wird die Luft in der Birnprobe nicht die Dichtigkeit haben (§. 416.), die ſie der Vorausſetzung zu Folge haben müßte; daß ferner die zurückbleibende Luft in der Birnprobe einerley Temperatur habe mit der vor der Verdünnung; und endlich, daß aus dem Queckſilber ſelbſt ſich keine Luft während des Anfüllens der Birnprobe entwickele. Um das letztere zu verhüten, muß man ſich ſolches Queckſilbers bedienen, das man kurz vorher ausgekocht hat. Unter Beobachtung dieſer Regeln laſſen ſich denn auch, wie Herr Schmidt gezeigt hat, die Einwürfe heben, die Brook gegen die Richtigkeit dieſer Probe gemacht hat.

Wenn man die Birnprobe nicht ganz ſo tief in Queckſilber eintauchen kann, als es inwendig ſteht, ſo müßte man durch Rechnung nach dem Mariottiſchen Geſetze zu beſtimmen ſuchen, wie groß der Raum x der darin befindlichen Luft unter dem ganzen Drucke der Atmoſphäre oder der dermaligen Barometerhöhe b ſeyn würde gegen den Raum a, den ſie jetzt in der Probe einnimmt, da von dem ganzen Drucke der Atmoſphäre auf ſie noch der Gegendruck abgeht, den die perpendiculäre Höhe c des Queckſilbers darin über dem Niveau des Queckſilbers im Gefäße verurſacht. Es iſt nämlich, (nach §. 416.),

$x : a = b - c : b$; daher iſt

$$x = \frac{a(b - c)}{b}.$$

Joh. Brooks vermiſchte Erfahrungen über die Electricität, die Luftpumpe und das Barometer, a. d. Engl. mit Zuſätzen und Anmerkungen von D. Kühn. Leipzig 1790. 8. Ueber die von Hrn. Brook entdeckte Trüglichkeit der Smeatoniſchen Birnprobe und die Mittel, ſie zu vermeiden, vom Herrn Prof. Schmidt; in Grens neuem Journ. der Phyſik, B. III. S. 150. ff.

§. 438. Der elaſtiſche Dunſt von Feuchtigkeit, der ſich im Raume des Recipienten bey der Verdün-

nung

nung der Luft zeigt, iſt übrigens allerdings ein Mittel, die Luft noch mehr zu verdünnen, als ohne denſelben geſchehen würde, weil mit ſeiner fortdauernden Ausziehung auch immer zugleich noch rückſtändige Luft ausgezogen wird; woraus ſich denn auch leicht der Unterſchied der Angaben der Birnprobe von denen der Barometerprobe erklären läßt.

§. 439. Mit den wohleingerichteten Luftpumpen laſſen ſich nun durch Verſuche die vorher angeführten Sätze von der Elaſticität und dem Drucke der Luft leicht beweiſen und anſchaulich machen, und andere Verſuche anſtellen, die zum Beweiſe verſchiedener noch vorzutragender Sätze dienen.

Verſuche hierzu:

Das Queckſilber ſinkt im Barometer bey der Verdünnung der Luft, die auf das Queckſilber drückt, und ſteigt wieder durch Hinzulaſſung der atmoſphäriſchen Luft.

Das Queckſilber ſteigt in einer Röhre, die oben offen und mit dem Raume des Recipienten in Verbindung iſt, und fällt wieder bey Hinzulaſſung der atmoſphäriſchen Luft.

Eine Glasplatte wird ſogleich vom Drucke der Luft zerſprengt.

Eine Blaſe, die über einen metallenen Cylinder geſpannt iſt, wird durch den Druck der äußern Luft mit einem ſtarken Knalle zerſprengt und auch Waſſer durch dieſelbe getrieben.

Zwey magdeburgiſche Halbkugeln von 4 Zoll Durchmeſſer hängen durch einen Druck der Atmoſphäre ſtark zuſammen.

Eine ſchlaffe, feſt gebundene Blaſe mit atmoſphäriſcher Luft, ſchwellt im Guerikſchen Raume ſtark auf und fällt wieder durchs Hinzulaſſen der äußern Luft zuſammen.

Der Heronsball ſpringt durch die Elaſticität der eingeſchloſſenen atmoſphäriſchen Luft.

Aus einem Gefäße mit enger Mündung, die im Waſſer ſteht, tritt die Luft beym Auspumpen hervor und die äußere hinzugelaſſene Luft treibt nachher das Waſſer in das Gefäß hinein.

Ein Heber hört in der verdünnten Luft zu laufen auf.

Täucherchen, die im Waſſer an offener Luft ſinken, ſchwimmen bey verdünnter Luft.

Unter dem Recipienten ſiedet bey ſtarker Verdünnung der Luft nur mäßig erwärmtes Waſſer.

Kaltes Waſſer wird im Guerikſchen Raume zum elaſtiſchen, vollkommen durchſichtigen Dampfe, der ſich bey Hinzulaſſung der atmoſphäriſchen Luft niederſchlägt. Bey der Bildung dieſes Dampfes erzeugt ſich Kälte, bey dem Niederſchlagen Wärme, wie ein empfindliches Luftthermometer beweiſet.

* * *

Bier, Milch, Seifenwaſſer, Sauerteig, geben unter der Luftpumpe eine große Menge von Luftblaſen von ſich.

Holz, das durch etwas angehängtes Bley im Waſſer zum Sinken gebracht iſt, giebt beym Verdünnen der Luft eine große Menge Luftblaſen von ſich und kommt im Waſſer zum Schwimmen.

Holz, das von Luft leer gemacht iſt, ſinkt im Waſſer unter.

Warmblütige Thiere ſterben ſchnell in der verdünnten Luft unter der Glocke der Luftpumpe.

Eine brennende Kerze verliſcht in der verdünnten Luft.

Bey der Verdünnung der Luft vermindert ſich der Schall eines Schlagwerkes darin und verſchwindet beynahe ganz.

§. 440. Man pumpe aus einem ſchicklichen Gefäße die darin enthaltene Luft ſo rein als möglich aus, und hänge daſſelbe, nachdem es vor dem Abnehmen von der Luftpumpe durch einen Hahn genau verſchloſſen worden iſt, an eine empfindliche Waage. Man bringe es ins genaue Gleichgewicht, öffne den Hahn und laſſe die äußere Luft hineintreten, ſo wird es nun einen Ausſchlag geben, und die zur Wiederherſtellung des Gleichgewichts nöthigen Gegengewichte werden ungefähr angeben, wie viel die Luft wiegt, die in den Raum der Kugel geht. Da aber die Dichtigkeit der Luft durch die Wärme vermindert und durch die Kälte vermehrt wird; da ſie ferner nicht ſtets in einerley zuſammengepreßtem Zuſtande in der Atmoſphäre iſt, wie das Barometer lehrt; und da der in der Luft be-

befindliche Waſſerdunſt nicht immer ſich gleich bleibt: ſo ſieht man leicht, daß man bey Beſtimmung des Gewichts von einem beſtimmten Raume von Luft hierauf Rückſicht nehmen muß. Die Angaben über das ſpecifiſche Gewicht der Luft gegen das Waſſer ſind aus eben dieſem Grunde auch ſehr verſchieden.

Die Kugel, deren ich mich zu meinen Verſuchen bediene, iſt aus der Verlaſſenſchaft des ſel. Hofraths Karſten. Sie faßt nahe $119\frac{1}{2}$ rheinl. Decimalcubikzoll, und die Luft wiegt, wenn ſie nicht ſehr feucht iſt und die Temperatur von 65° Fahr. hat, bey der Barometerhöhe von 27 Zoll 8 Linien pariſ., $73\frac{1}{2}$ Gran Medicinalgewicht; folglich wiegt ein rheinl. Decimalcubikzoll Luft $\frac{147}{239}$ oder 0,615 Gran. Da nun ein Decimalcubikzoll Waſſer bey dieſer Temperatur 492,229 Gran wiegt (§. 353.), ſo verhält ſich das eigenthümliche Gewicht des Waſſers zu dem der Luft wie 492229 : 615 oder nahe 800 : 1. Wenn man das eigenthümliche Gewicht des Waſſers zur Einheit annimmt, ſo iſt das der Luft 0,0012. — Ein rheinl. Cubikfuß Luft wiegt ſolcher Geſtalt 615,062 Gran im Medicinalgewichte.

Nach Schukburgh (*philoſ. transact.* Vol. LXVII. S. 557.) iſt das eigenthümliche Gewicht der Luft bey 29,27 Zoll engl. (27 Z. 5,6 L. pariſ.) und 10° R. 840 mal kleiner, als das des reinen Waſſers von eben dieſer Temperatur.

Herr Schmidt fand nach einer Mittelzahl von mehrern Verſuchen die Luft von 15° — $16\frac{1}{2}$° R. und 28 Z. $1\frac{6}{10}$ L. — 27 Z. $11\frac{3}{10}$ L. Barom. 838 mal leichter, als Waſſer. (S. deſſen Sammlung phyſ. = mathem. Abh. B. 1. S. 114.

§. 441. Weil aber bey dieſen Verſuchen die Luft nie ganz aus der Kugel ausgepumpt werden kann, ſo erfährt man eigentlich nur, wie viel die Luft wiegt, die in die Kugel dringt, nicht das Gewicht des ganzen innern Luftraums der Kugel, und man muß, um genau zu verfahren, beſtimmen, wie viel Luft noch in der Kugel geblieben iſt. Man kann zu dem Ende erſt die luftvolle Kugel an der Waage genau wiegen, hierauf die Luft daraus ſo ſtark als möglich auspumpen, bey verſchloſſenem Hahne wieder wiegen, und ſo das Ge-

Gewicht der ausgezogenen Luft finden, worauf man unter ausgekochtem Waſſer den Hahn öffnet, das Waſſer hineintreten läßt und durch Umkehrung der Kugel die darin noch übrige Luft in ein Gefäß mit Waſſer leitet, worin man ſie genau bey beſtimmter Temperatur meſſen kann. Der Raum dieſer Luft, abgezogen vom innern Raumesinhalte der Kugel, giebt im Reſte den Raum der Luft an, die man gewogen hat. Dieſes Verfahren iſt ſicherer, als aus der Vergleichung der Gewichte der ausgepumpten Luft und des nachher in die Kugel getretenen Waſſers unmittelbar das Verhältniß ihrer ſpeciſiſchen Gewichte zu finden.

Noch bleibt allerdings ein Fehler wegen des Gewichts des in der ausgepumpten Kugel befindlichen Dunſtes; er kann aber nur unbeträchtlich ſeyn.

§. 442. Auf eine ähnliche Weiſe läßt ſich auch das Gewicht anderer Luftarten bey einem beſtimmten Volum erfahren, und ſo das Verhältniß ihrer eigenthümlichen Gewichte unter einander ſo wohl, als gegen das Waſſer beſtimmen.

S. oben S. 253

§. 443. Da die Luft, wie jeder flüſſige Körper, nach allen Seiten zu drückt, ſo muß jeder darin befindliche Körper, wie beym Abwägen im Waſſer, nicht mit ſeinem abſoluten Gewichte ſinken, ſondern ſo viel davon verlieren, als die Luft wiegt, die mit ihm einerley Raum erfüllt, und ein und eben derſelbe Körper muß aus eben dieſem Grunde in der Luft ſchwerer werden, oder eigentlich, ſein reſpectives Gewicht (§. 332.) muß zunehmen, wenn er in einen engern

engern Raum zuſammengedrängt wird, wie auch die Erfahrung lehrt. Eben ſo muß auch die Fallhöhe der ſchweren Körper in der Luft anders ſeyn, als im leeren Mittel (§. 216.).

Ein ausgedehnter und aufgelockerter Federſack iſt leichter, als wenn er enge zuſammengeſchnürt iſt.

Hierher gehören auch die Erſcheinungen des Pulshammers.

§. 444. Da ferner ein und eben derſelbige feſte Körper, in einer Flüſſigkeit abgewogen, um deſto weniger von ſeinem abſoluten Gewichte verliert, oder ein deſto größeres reſpectives Gewicht behält, je geringer das ſpecifiſche Gewicht der Flüſſigkeit wird (§. 336.), ſo müſſen einerley Körper, in Luft von verſchiedener Dichtigkeit gewogen, ungleich viel wiegen.

§. 445. Hierauf gründet ſich das **Guerikſche Manometer** (Manometrum, Daſymetrum. Es wird nämlich an einen empfindlichen Waagebalken eine hinlänglich große, hohle, aber luftdicht verſchloſſene, metallene, oder beſſer, gläſerne Kugel aufgehängt, und durch ein maſſives Gewicht von Bley, das gegen die Kugel einen viel kleinern Raum einnimmt, ins Gleichgewicht gebracht. Wenn ſich nun die Dichtigkeit der Luft ändert, ſo müſſen beyde ungleich viel von ihrem abſoluten Gewichte verlieren: und zwar, wenn die Luft dichter wird, ſo giebt das Gegengewicht den Ausſchlag; wird ſie aber dünner, ſo ſinkt die Kugel. Herr Fouchy und **Gerſtner** haben eine Verbeſſerung dieſes ſehr brauchbaren Werkzeugs angegeben, und letzterer hat zugleich die An-

wen-

wendung deſſelben bey Höhenmeſſungen mit dem Barometer gezeigt.

Otton. de Guerike exper. nov. S. 114. Beſchreibung eines Dasymeters, oder eines Werkzeugs, um die Dichtigkeit jeder Luftſchicht zu meſſen, von Hrn. de Fouchy; überſetzt in Lichtenbergs Magaz. f. das Neueſte aus der Phyſik. B. III. St. 4. S. 93 ff. Gerſtners Beobachtungen über den Gebrauch des Barometers bey Höhenmeſſungen; in den Beob. auf einer Reiſe nach dem Rieſengebirge. Dresd. 1791. 8. S. 271., und in Grens Journ. der Phyſik. B. IV. 172.

§. 446. Dieſes Werkzeug läßt ſich auch gebrauchen, um das abſolute Gewicht eines beſtimmten Raumesinhalts der Luft, und alſo ihr eigenthümliches Gewicht, unter verſchiedenen Umſtänden derſelben, auf eine ſehr einfache Weiſe zu erfahren.

Es ſey eine hinlänglich große Kugel von dünnem Glaſe, die luftdicht verſchloſſen, am beſten zugeſchmolzen iſt, und deren ganzer Raumesinhalt V heiße, an einer dazu eingerichteten, empfindlichen Waage, bey einer beſtimmten Temperatur und einem beſtimmten Barometerſtande der Luft, mit einem maſſiven metallenen Gegengewichte von Bley, deſſen ganzer Raumesinhalt v iſt, ins genaue Gleichgewicht geſetzt. Der Luftraum, welcher manometriſch das Werkzeug afficirt, iſt $V - v = a$, was man durch genaue Ausmeſſung der beyden Körper, am beſten durch Waſſerwägen (§. 357.) beſtimmt, und in bekannten Maaßen, z. B. pariſ. Cubikzollen, ausgedrückt, ein für allemal merkt. Man ſucht ferner das abſolute Gewicht P eines Luftvolums a in bekannten Gewichtstheilen, bey eben derſelbigen Temperatur und demſelbigen Barometerſtande, nach der vorher (§. 441.) angebenen Methode, und merkt dieſes Gewicht ein für allemal, ſo hat man $\frac{P}{a}$, oder das eigenthümliche Gewicht für atmoſphäriſche Luft von beſtimmter Temperatur und Zuſammendrückung. Wenn ſich nun die Beſchaffenheit der Luft ändert und ihr eigenthümliches Gewicht zu- oder abnimmt, ſo wird das Gleichgewicht geſtört, und man muß im erſtern Falle Gewichtstheile zur Kugel, im andern Falle zum Gegengewichte legen, um das Gleichgewicht herzuſtellen. Die Summe dieſer Gewichtstheile heiße p, und es iſt demnach das abſolute Gewicht des Luftvolums a bey vermehrter Dichtigkeit $P + p$, bey verminderter Dichtigkeit aber $P - p$ geworden, und man findet das jetzt veränderte eigenthümliche Gewicht durch $\frac{P + p}{a}$ oder $\frac{P - p}{a}$, weil

a ſich immer gleich bleibt, (§. 437). Wenn die Luft noch einmal ſo dicht würde, als ſie bey Beſtimmung des P und bey Regulirung des Werkzeuges war, ſo würde p = P oder P + p würde 2 P werden, im leeren Raume aber wäre P — p = o.

Man hängt die Kugel und das maſſive Gegengewicht nicht unmittelbar an den Waagebalken, ſondern an kleine, gleich große und gleich ſchwere Waagſchaalen, die an Haken hängen, wie bey der gewöhnlichen hydroſtatiſchen Waage; dieſe Waagſchälchen dienen zur Aufnahme der Gewichte p. Dieſe Gewichte nehmen übrigens zwar ſelbſt Raum ein; er iſt aber, als ſehr unbeträchtlich gegen a, wohl ohne merklichen Fehler aus der Acht zu laſſen: ſonſt kann man ihn auch aus dem einmal bekannten eigenthümlichen Gewichte ihrer Materie leicht berechnen.

Sie=

Siebentes Hauptſtück.

Schwingungsbewegungen ſchallender und klingender Körper.

§. 447.

Das Anſchlagen an feſte, geſpannte, mit Schnellkraft oder Federkraft begabte Körper, das Streichen geſpannter Saiten, das ſchnelle und plötzliche Hervorbrechen elaſtiſcher Flüſſigkeiten aus engen Mündungen feſter Körper, wie z. B. bey der Entzündung des Schießpulvers in Schießgewehren, bey der Entzündung der Knallluft in der electriſchen Piſtole, ſind für uns mit einer Wirkung begleitet, die wir nach einem generiſchen Ausdrucke Schall nennen.

§. 448. Wenn die Veränderung des Zuſtandes des ſchallenden Körpers in unſerm Gehörorgane die Empfindung bewirken ſoll, ſo muß es nothwendig ein Medium geben, durch welches dieſe Veränderung die Gehörwerkzeuge afficirt, und dies iſt gemeinhin die Luft, ohne welche um den ſchallenden Körper herum für uns kein Schall da ſeyn würde, vorausgeſetzt, daß kein anderes dazu fähiges Medium den Schall zu unſern Gehörwerkzeugen fortpflanzt.

§. 449. Wir müſſen alſo bey der Darſtellung der Lehre vom Schalle Rückſicht nehmen: 1) auf den urſprünglich den Schall erregenden Körper (Corpus ſono-

ſonorum) und 2) auf das den Schall bis zu unſerm Gehöre fortpflanzende Mittel.

§. 450. Um den Zuſtand, worin die urſprünglich ſchallenden Körper während des Schallens ſich befinden, gehörig beurtheilen zu können, wollen wir eine geſpannte Saite als Beyſpiel wählen. Soll ſie fähig ſeyn, Schall (Klang) zu erregen, ſo muß ſie einen gewiſſen Grad der Spannung haben. Wird die geſpannte Saite, wie z. B. an der Harfe, aus der geraden Linie, in der ſie im Zuſtande der Ruhe iſt, durch Druck daran gebogen, ſo kommt ſie offenbar in Bewegung, wenn der Druck des Fingers, der ſie bog, wieder wegfällt, und zugleich entſteht nun auf unſer Gehörorgan die Wirkung, die wir Klang nennen. Der Grund der Bewegung der klingenden Saite iſt ihre Contractilität oder Schnellkraft. Wird nämlich die geſpannte Saite aus der geraden Linie gedrückt, ſo wird ſie ja dadurch gedehnt; ihre gedehnten Theile ſuchen ſich wieder ſo viel als möglich zu nähern, und ſie ſtrebt alſo, ſich wieder in die Geſtalt ihrer kürzeſten Länge, d. i., in die gerade Linie, zu verſetzen. Da ſie aber, wenn ſie in dieſe Lage gekommen iſt, eine determinirte Geſchwindigkeit erlangt hat, (indem die Contractilität als ſtetige Kraft, obwohl als veränderliche Größe, wirkſam iſt,) ſo bleibt ſie in der geraden Richtung nicht ruhen, ſondern beugt ſich auf die entgegengeſetzte Seite, von da wieder zurück, u. ſ. f., bis endlich dieſe Beugungen durch den Widerſtand der Luft immer kleiner und kleiner werden, und ſo die Saite wieder in Ruhe kommt.

§. 451. Die zum Schalle oder Klange erforderliche Bewegung der Saite iſt alſo offenbar ein pendulartiges Schwingen derſelben; kein bloßes Erzittern ihrer kleinſten Theile.

§. 452. Da demnach das Weſen des Schalles in pendulartigen Schwingungen der ſchallenden Körper oder ihrer Theile beſteht, ſo folgt, daß alle Körper, welche, oder deren Theile, einer ſolchen ſchwingenden Bewegung fähig ſind, urſprünglich ſchallende Körper werden können: und dahin gehören alle feſte contractile, und alle expanſibele, oder überhaupt alle ſo genannte elaſtiſche; ihre Elaſticität ſey entweder eine attractive oder expanſive.

§. 453. Wenn aber der Schall ſchallender oder klingender Körper für uns hörbar ſeyn ſoll, ſo müſſen die Schwingungen derſelben oder ihrer Theile eine beſtimmte Geſchwindigkeit haben. Deshalb müſſen die contractilen Körper, wenn ſie ſchallend ſeyn ſollen, eine gewiſſe Spannung haben, damit ihre Schwingungen den nöthigen Grad der Geſchwindigkeit erlangen. Eine zu ſchlaffe Saite klingt nicht, weil ſie nicht geſchwind genug ſchwingt.

§. 454. Von der Menge der ſchwingenden Theile und von der Größe der Schwingungsbogen hängt die Größe oder Stärke des Schalles ab; von der Dauer derſelben die Dauer des letztern.

§. 455. Wenn dieſe Schwingungen regelmäßig, d. i., gleichzeitig erfolgen, ſo heißt die Empfindung,

die

die ſie in unſerm Gehörorgane bewirken, ein **Klang**; ſonſt aber, wenn das Gegentheil Statt findet, ein **Geräuſch, Getöſe, dumpfer Schall**. Ein augenblicklich vorübergehender, heftiger Schall heißt ein **Knall**.

§. 456. Wenn man zwey Saiten, die aus einerley Materie beſtehen und gleich dick, aber ungleich lang ſind, gleich ſtark ſpannt, ſo machen ſie nicht einerley Empfindung auf unſer Gehör, wenn ſie erſchüttert werden. Wir ſagen, daß die kürzere Saite **höher**, die längere aber **tiefer** klinge, und das Verhältniß der Höhe oder Tiefe des Klanges zu einem andern nennen wir **Ton**.

§. 457. Die Schwingungen der Saite bey ihrem Klingen ſind pendulartig (§. 451.). Da nun ein Pendul deſto langſamer ſchwingt, je länger es iſt, ſo muß auch bey dem **tiefen Tone** der längern Saite die Anzahl der Schwingungen in einerley Zeit nicht ſo groß ſeyn, als bey dem **höhern Tone** der kürzern Saite. **Tiefe Töne** ſind alſo ſolche, wobey in einerley Zeit weniger Schwingungen ſind, als bey andern, mit denen man ſie vergleicht, und **hohe Töne**, bey welchen mehr Schwingungen in eben dieſer Zeit Statt finden. Es giebt aber für das menſchliche Ohr eine gewiſſe Höhe und Tiefe, über und unter welche der Ton nicht weiter verglichen werden kann.

§. 458. Die Contractilität der geſpannten Saiten iſt der Grund ihrer Schwingungen beym Klingen, oder iſt die bewegende Kraft dabey; ihre Thätigkeit

nimmt daher zu, je mehr die Saiten geſpannt werden. Was alſo bey den Penduln die verſchiedenen Schweren ſind, das ſind bey den Saiten die ſpannenden Gewichte, wodurch wir die Größe der Spannung ausdrücken können. Und ſo wie ein Pendul geſchwinder ſchwingt, wenn die Schwere ſtärker darauf wirkt, ſo ſchwingt auch eine Saite bey gleicher Länge ſchneller, wenn ſie ſtärker geſpant iſt. Da nun von der Geſchwindigkeit ihrer Schwingungen die Höhe ihres Tones abhängt, ſo ſieht man leicht ein, daß man bey Beſtimmung der Tonhöhe der Saiten auch außer der Länge auf ihre Spannungen Rückſicht nehmen müſſe. Bey ſehr langen und dicken Saiten läßt ſich dieſe Ungleichheit ihrer Schwingungen, wenn ſie verſchiedentlich geſpannt ſind, auch ſchon durchs Auge wahrnehmen.

§. 459. Endlich kommt in Anſehung der Anzahl der Schwingungen, welche eine Saite in einer gegebenen Zeit macht, auch die Dicke derſelben in Betracht, und ſie widerſteht der Bewegung um deſto mehr, je mehr Maſſe ſie bey gleicher Länge und Spannung hat; ſie muß alſo deſto langſamer ſchwingen, und alſo einen tiefern Ton geben, je dicker ſie iſt, und umgekehrt, wenn die Längen und Spannungen gleich ſind. Man hat folglich bey Beſtimmung der Tonhöhe einer Saite: 1) auf ihre **Länge**, 2) auf ihre **Spannung**, und 3) auf ihre **Dicke** zu ſehen.

§. 460. Die Erfahrung beſtätigt folgende aus dem Vorhergehenden fließende Sätze bey Saiten von einerley Materie:

1) Bey gleich langen und gleich dicken, aber ungleich geſpannten Saiten verhält ſich die Anzahl ihrer Schwingungen, folglich ihre Tonhöhe, wie die Quadratwurzeln der ſpannenden Kräfte oder Gewichte.

Wenn wir die Anzahl der Schwingungen oder die Tonhöhe der Saiten von gleichartiger Materie N, n, die ſpannenden Gewichte oder Kräfte P, p, die Längen derſelben L, l, und die Durchmeſſer derſelben D, d nennen, und L = l und D = d iſt, ſo iſt $N : n = \sqrt{P} : \sqrt{p}$.

2) Bey gleich geſpannten und gleich dicken, aber ungleich langen Saiten verhält ſich die Anzahl ihrer Schwingungen umgekehrt wie ihre Längen.

Wenn P = p und D = d, ſo iſt $N : n = l : L$.

3) Bey gleich langen und gleich geſpannten Saiten, die ungleich dick ſind, verhält ſich die Anzahl ihrer Schwingungen umgekehrt, wie ihre Durchmeſſer. — Eine Saite von ungleicher Dicke giebt falſche oder vermiſchte Töne an.

Wenn L = l und P = p, ſo iſt $N : n = d : D$.

§. 461. Es iſt alſo bey Saiten von einerley Materie und gleicher Dicke die Anzahl ihrer Schwingungen oder ihre Tonhöhe in einem zuſammengeſetzten Verhältniſſe aus dem geraden des Quadrats der ſpannenden Gewichte und dem umgekehrten der Längen derſelben.

Es iſt $N : n = \frac{\sqrt{P}}{L} : \frac{\sqrt{p}}{l}$.

Das Monochord und Tetrachord.

§. 462. Ein Paar Saiten haben den **Einklang**, wenn ſie gleich viel Schwingungen in einerley Zeit machen. Wenn aber die eine Saite bey gleicher Dicke

cke und Spannung nur halb ſo lang iſt, als die andere, oder noch einmal ſo viel Schwingungen macht, ſo giebt ſie der Erfahrung zufolge die Oberoctave des Grundtons an, den die andere Saite angiebt. Wenn ihre Längen ſich verhalten wie 2 : 3, oder wenn die kürzere $\frac{2}{3}$ der Länge der andern hat, und ſie alſo drey Schwingungen in einerley Zeit gegen zwey Schwingungen derſelben macht, ſo giebt dieſe kürzere die Quinte der längern an; ſie iſt die Quarte des Grundtons, wenn ſie $\frac{3}{4}$ der Länge derjenigen Saite hat, welche dieſen angiebt; die große Terze, wenn ihre Länge $\frac{4}{5}$; die kleine Terze, wenn ſie $\frac{5}{6}$; die große Sexte, wenn ſie $\frac{3}{5}$; die kleine Sexte, wenn ſie $\frac{5}{8}$; die Oberduodecime, oder die Oberoctave der Quinte, wenn ſie $\frac{1}{3}$; die Oberduodecime-Septime, oder die doppelte Octave der großen Terze, wenn ſie $\frac{1}{5}$ von der Länge derjenigen Saite iſt, welche den Grundton angiebt. Es läßt ſich nach dem Angeführten leicht angeben, wie die Spannungen der Saiten ſeyn müſſen, wenn ſie gleich lang und dick ſind und die angeführten Töne angeben ſollen; oder auch, wenn ſie gleich geſpannt und gleich lang ſind, wie ihre Dicke ſeyn müſſe, wenn ſie dieſe Töne angeben ſollen.

Die Lehre von der Tonleiter und der Temperatur gehört nicht in ein Lehrbuch der Phyſik, ſo wenig als die Lehre von den Conſonanzen und Diſſonanzen der Töne. Ich übergehe ſie deswegen hier.

§. 463. Es ſey eine geſpannte Saite AB (Fig. 137.) des Monochords in irgend eine Anzahl gleicher Theile, z. B. in viere, Aa, ab, bc und cB, abgetheilt. Man ſtelle den Steg in c. Man hänge ſchmale und

leichte

leichte Streifchen Papier neben einander auf die Saite von A bis c und ſtreiche mit einem Violinbogen den Theil cB der Saite an. Es wird nun der Ton gehört, der vermöge des abgekürzten Theils cB der Saite Statt finden muß, und der ſich zum Grundtone der Saite verhält, wie AB zu cB, oder wie 4 zu 1. Zu gleicher Zeit werden nun alle Papierſtreifchen längs dem Theile AC herabgeworfen, ausgenommen die in a und b hängenden.

§. 464. Dieſer Verſuch lehrt offenbar: daß es in dem Theile Ac der Saite jenſeits des Stegs ebenfalls Schwingung giebt, während cB klingt; daß aber nicht bloß der Punct c der Saite, wo der Steg ſteht, ſondern auch jenſeits deſſelben a und b in Ruhe ſind; daß ganze Stellen der Saite zwiſchen dieſen Puncten ſchwingen, während cB ſchwingt; und daß die Stellen zwiſchen den ruhenden Puncten wechſelſeitig in entgegengeſetzten Richtungen ſchwingen, wie Fig. 138. es anzeigt. Die ruhenden Puncte a, b und c der Saite heißen **Schwingungsknoten.** Der Punct der Saite, welchen der bewegliche Steg berührt, iſt nämlich allemal ein Schwingungsknoten.

§. 465. Man nehme, wie Fig. 139., durch Verrückung des Stegs unter der Saite bis c, cB $\frac{2}{5}$ der Länge AB, ſtreiche cB an und laſſe es klingen; ſo wird die Höhe des Tons ſich zum Grundtone verhalten, wie 5 : 2, oder wie AB zu cB, und es werden drey Schwingungsknoten, nämlich a, b und c, da ſeyn. Man verrücke ferner den Steg und nehme den an-

zu-

zuſtreichenden Theil der Saite (Fig. 140.) dB = $\frac{2}{6}$ von der ganzen Länge AB, ſo wird man nach dem vorigen Verfahren zwey Schwingungsknoten, nämlich b und d, haben, wobey die Tonhöhe des Klanges von dB zum Grundtone der Saite ſich verhält, wie 3 zu 1. Man ſtelle den Steg (Fig. 137.) in b, oder in die Mitte der Saite, und ſtreiche bB oder Ab an, ſo wird es, außer an der Stelle, wo der Steg iſt, keinen Schwingungsknoten weiter geben. Man mache endlich durch Verrückung des Stegs den klingenden Theil der Saite $\frac{2}{3}$, $\frac{3}{4}$, $\frac{4}{5}$, $\frac{5}{6}$ ihrer Länge, ſo wird man auch außer der Stelle des Stegs keinen Schwingungsknoten in der Saite weiter antreffen.

§. 466. Um die Anzahl der Schwingungsknoten bey einer durch einen Steg oder ſonſt durch Berührung abgetheilten Saite zu beſtimmen, ſetze man die ganze Länge der Saite in eine Anzahl gleich großer Theile getheilt, welche L heißt, wovon das urſprünglich klingende Stück der Saite die Anzahl l enthält; man ſehe l als den Zähler, und L als den Nenner eines Bruches an; man bringe dieſen Bruch $\frac{l}{L}$ auf die kleinſte Benennung und ziehe dann l von L ab: ſo giebt der Reſt die Anzahl der Schwingungsknoten. — Daraus folgt denn auch, daß bey verſchiedenen Tonhöhen doch einerley Anzahl von Schwingungsknoten da ſeyn könne, indem die Glieder zweyer Brüche von verſchiedenem Werthe einerley Differenz haben können; und daß alſo nicht jeder Ton ſeine beſtimmte Anzahl Schwingungsknoten habe.

Wenn

Wenn l gegen L ſehr klein und die Saite nur kurz iſt, ſo darf man das Reſultat der angeführten Verſuche (§. 463. 465.) nicht erwarten, weil dann die Schwingungen theils zu ſchwach, theils die Schwingungsknoten einander zu nahe ſind.

Einige Bemerkungen über die Schwingungsknoten bey klingenden Saiten von J. G. Voigt; in Grens neuem Journ. der Phyſik. B. II. S. 352. ff.

§. 467. Nicht bloß bey klingenden Saiten ſind in ihren anſcheinend ruhenden Theilen ſchwingende Stellen und ruhende Puncte; ſondern auch bey andern klingenden Körpern, wie bey klingenden Stäben, Ringen, Cylindern, Glocken, Scheiben, ſind während ihres Klingens ganze Stellen in entgegengeſetzten Schwingungen begriffen, während die Grenzen derſelben in Ruhe ſind. Das Weſen des Schalles beſteht alſo auch bey ihnen nicht in einem Zittern ihrer kleinſten Theile, ſondern in Schwingungsbewegungen ganzer Stellen, die durch ihre Contractilität veranlaßt werden. Herr **Chladni** hat das Verdienſt, dieſe Wahrheit zuerſt außer allen Zweifel geſetzt, und ein Mittel erfunden zu haben, dieſe Schwingungsbewegungen bey klingenden Flächen auch ſichtbar zu machen und die ruhenden Stellen durch **Klangfiguren** darzuſtellen.

Entdeckungen über die Theorie des Klanges von Ernſt Florens Friedrich Chladni. Leipzig 1787. 4.

§. 468. Man nehme zu dem Ende eine kreisrunde Scheibe (Fig. 141.) von Fenſterglaſe, die ohne Knoten und Blaſen und gleichförmig dick iſt, und etwa vier bis acht Zoll im Durchmeſſer hat; man beſtreue ſie mit feinkörnigem Sande; man lege ſie in ihrem Mittelpuncte auf einen etwas zugeſpitzten Kork, drücke ſie von oben her mit dem Finger an den Kork an,

unter=

unterſtütze ſie auch noch am Rande in g, oder q, oder t, oder r, und ſtreiche den Rand in n, oder p, oder f, oder m, überhaupt 45 Gr. von der berührten Stelle, mit einem mit Colophonium beſtrichenen Violinbogen in ſenkrechter Richtung unter mäßigem Drucke. Die Scheibe wird einen Klang geben, zugleich aber wird der Sand auf der Scheibe von ihren ſchwingenden Stellen bewegt werden und ſich bey dem anhaltenden Streichen und Klingen der Scheibe an den ruhenden Stellen anhäufen, und ſo die Figur der Zeichnung erhalten.

§. 469. Man halte ferner die Scheibe in ihrem Mittelpuncte feſt und ſtreiche ſie etwa 30 Gr. von der gedämpften Stelle des Randes in p, oder r, oder q u. ſ. w. (Fig. 142.) an; ſo bildet der Sand die Klangfigur der Zeichnung. — Man faſſe die Scheibe (Fig. 143.) bey n in einiger Entfernung vom Rande zwiſchen den Daumen und Zeigefinger und ſtreiche ſie in m; ſo bildet der Sand den Kreis n. — Man faſſe die Scheibe wie vorher und ſtreiche ſie in p, (90 Gr. von der gehaltenen Stelle) (Fig. 144.); und es entſteht noch die gerade Linie in der gezeichneten Klangfigur. — Man faſſe die Scheibe ferner wie vorher, ſtemme ſie bey g oder p (Fig. 145.) an einen eckigen und nicht allzu harten Körper an und ſtreiche in m, (45 Grad von der Stelle, wo man ſie hält;) und es entſtehen außer dem Kreiſe noch zwey gerade ſich durchkreuzende Linien. — Man halte die Scheibe nicht in der Mitte, ſondern bey p (Fig. 146.), und ſtreiche bey f oder n, oder bey r oder s;

und

und es bildet der Sand die gerade Linie durch die Mitte der Scheibe und drey Bogen. — Man ſtemme die Scheibe (Fig. 147.) bey e an eine Kante, indem man die Finger in c und d an den Rand derſelben ſetzt, und ſtreiche in f; es bilden ſich dann die beyden geraden gegen einander geneigten Linien c und d. — Man drücke eine elliptiſche Scheibe (Fig. 148.) in der Mitte c auf den Kork an, dämpfe die beyden Puncte des Randes p und q mit den Fingern und ſtreiche in r, wo ſich dann die Klangfigur der Zeichnung bildet. — Wenn man die Quadratſcheibe (Fig. 149.) in ihrer Mitte auf den Kork drückt und an einer ihrer Ecken ſtreicht, ſo bildet der Sand zwey ſich rechtwinklig durchkreuzende gerade Linien, die von der Mitte des Randes der Scheibe ausgehen; wenn man aber in der Mitte des Randes ſtreicht, ſo laufen die Linien (Fig. 150.) von den Ecken der Scheibe aus. — Man faſſe die Quadratſcheibe bey a zwiſchen den Daumen und Zeigefinger und unterſtütze ſie auch noch in b, und ſtreiche an der Ecke der Scheibe in c; ſo entſteht die gezeichnete Klangfigur. — Man halte die Quadratſcheibe (Fig. 151.) in o oder q und ſtreiche in p oder n, um die gezeichnete Klangfigur zu erhalten. Wird die Stelle, wo man die Scheibe hält, etwas verändert, oder ſtreicht man an einer der Ecken in c oder o (Fig. 152.), ſo kann ſich der vorige Klang auch durch drey, gekrümmt durch die Scheibe gehende, Linien darſtellen.

§. 470. So kann man alſo dadurch, daß man die Scheibe an andern Stellen hält und unterſtützt, und

und an andern Stellen des Randes ſtreicht, ſie jedesmal nöthigen, ſich anders abzutheilen, und man kann ſolcher Geſtalt mit veränderten Tönen derſelben andere Klangfiguren zuwege bringen und eine ungemein große Mannichfaltigkeit derſelben erhalten. Nicht immer iſt aber jede Abänderung der Klangfigur mit einer bemerkbaren Abänderung des Tons verknüpft.

§. 471. Um eine Klangfigur hervorzubringen, iſt es nöthig, die Linien der Fläche, welche als ruhend verlangt werden, durch Unterſtützung oder Dämpfung in Ruhe zu bringen und die in Schwingung zu ſetzenden Stellen in Bewegung zu ſetzen. Indeſſen iſt es, wie wir geſehen haben (§. 469.), nicht nöthig, jeden Punct der zur Ruhe zu bringenden Linie beſonders zu dämpfen und jeden ſchwingenden Theil beſonders in Schwingung zu ſetzen, ſondern man braucht nur einen Punct der Linie, welche ruhen ſoll, zu dämpfen und eine Stelle am Rande der Scheibe durch Streichen in Schwingung zu ſetzen, da ſich dann dieſe Bewegung den übrigen zu bewegenden Theilen der Scheibe mittheilt. Durch einige Uebung kann man es leicht dahin bringen, die verlangten Figuren ſehr rein und ſchnell zu erhalten. Die nöthige Dämpfung der Stellen läßt ſich bequem durch zugeſpitzte Korkſtöpſel, worauf man die Scheibe legt, anbringen.

Beytrag zu den Verſuchen über die Klangfiguren ſchwingender Flächen, von Joh. Gottfr. Voigt; in Grens neuem Journ. d. Phyſ. B. III. S. 391. ff.

§. 472. Bey den meiſten Klangfiguren nehmen gewiſſe feſte Linien mehrentheils ſchlangenförmige Krüm-

Krümmungen an, deren Anzahl bey jeder Figur beſtimmt iſt. An ſolchen neben einander gehenden Linien iſt die Lage der Krümmungen faſt allemal ſo beſchaffen, daß entweder zwey unmittelbar neben einander befindliche Linien, oder in wenigen Fällen zwey durch eine gerade Linie getrennte ſchlangenförmige Linien gegenſeitig ſich einander nähern und von einander entfernen. In jedem Näherungspuncte können ſie ſich ſo verbinden, daß ſie einander durchkreuzen; es nehmen alſo in dieſem Falle zwey ſich nähernde Krümmungen (Fig. 154. und 155.) die Geſtalt von Fig. 153. an. Eben ſo können zwey einander durchſchneidende Linien (Fig. 153.) ſich in der Mitte ſo trennen, daß zwey gegen einander ſtehende Bogen krummer Linien (Fig. 154. und 155.) daraus werden. Manche Figuren werden dadurch ſo verändert, daß man ohne Uebung ihre eigenthümliche Geſtalt daraus nicht würde beurtheilen können. Der Ton iſt bey einer abgeänderten Figur derſelbige, als wenn dieſe Figur regelmäßig erſcheint. Dieſe Abänderungen der Figuren kann man oft durch wenige Verrückung der Unterſtützungspuncte der Scheibe oder der zu ſtreichenden Stelle des Randes erhalten.

Chladni a. a. O. S. 19. ff.

§. 473. Bey dem Klingen der Scheiben ſchwingen allezeit zwey Stellen, die durch eine ruhende Linie von einander abgeſondert ſind, wie z. B. (Fig. 153.) anb und bod, oder (Fig. 149.) ebg und mbg, nach entgegengeſetzten Richtungen; oder die Krümmung der einen Stelle befindet ſich über ihrer natürlichen Lage, während die andere Stelle unter dieſelbe

ge-

gekrümmt iſt, und umgekehrt. Zwey Stellen, die in entgegengeſetzten Winkeln der ſich durchkreuzenden Linien ſtehen, z. B. anb und cmd (Fig. 153.), oder ebg und fcn (Fig. 149.), oder bem und nhg (Fig. 150.), ſchwingen allemal nach der nämlichen Richtung.

Chladni a. a. O. S. 19.

§. 474. Bey den Arten des Klanges der Scheiben, wo ſich ſternförmige Figuren zeigen, machen nicht die Stellen am Rande die weiteſten Schwingungen; ſondern der Punct, wo die Schwingungen am weiteſten ſind, oder der **Mittelpunct der Schwingung**, iſt in jedem ſchwingenden Theile in einiger Entfernung vom Rande, wie in Fig. 141., 144. und 145. dieſe Stellen durch Puncte bezeichnet ſind. Wenn unter dem Rande, deſſen man ſich zum Beſtreuen bedient, ganz feine Staubtheilchen befindlich ſind und die Scheibe ganz genau horizontal gehalten wird, ſo werden dieſe Puncte ſichtbar, indem ſich der feinſte Staub hier anhäuft.

Chladni a. a. O. S. 30. f.

§. 475. Bey dem Klingen der Glocken ſchwingen ebenfalls ganze Stellen, während Linien zwiſchen denſelben in Ruhe ſind. Man kann dies leicht an einem zum Theile mit Waſſer gefüllten, dünnen, Trinkglaſe, porzellänenen Spülnapfe, einer Taſſe, u. dergl. zeigen. Man halte das Glas etwas über dem Boden mit dem Daumen und einem andern Finger, und ſtreiche den Rand des Glaſes 45 Grad von der gehaltenen Stelle mit dem Violinbogen, ſo geräth das Waſſer im Glaſe in eine Bewegung von vier ſchwingenden Theilen des Glaſes, und dieſe Bewegung zeigt

ſich

ſich ſehr auffallend ſo, daß das Waſſer als feiner Staub umherſpritzt. Wenn man das Glas hingegen bey 60 Grad von der berührten Stelle ſtreicht, ſo werden ſich bey veränderterm und höherm Tone sechs ſchwingende Stellen der Wand zeigen und das Waſſer bewegen.

§. 476. Die Geſchwindigkeit, mit der ſich die ſchwingenden Bewegungen in den angrenzenden Theilen der zuerſt und urſprünglich in Bewegung geſetzten Stelle durch die Maſſe eines contractilen Körpers fortpflanzen, iſt bewundernswürdig groß, und überhaupt iſt dieſe Geſchwindigkeit der Fortpflanzung der zum Schalle erforderlichen Bewegung durch ſich genau berührende oder zuſammenhängende contractile Körper noch nicht ermeſſen. Die Fortpflanzung ſcheint zwar durch eine ſehr lange Reihe ſolcher Körper für uns momentan zu ſeyn, daraus folgt aber noch nicht, daß die Geſchwindigkeit dabey ſo groß ſey, als die des Lichts.

Hieraus erklärt ſich auch die Reſonanz.

Aus dieſer, zwar an ſich ſucceſſiven, für uns aber momentan erſcheinenden, Fortpflanzung läßt ſich erklären, warum die maſſiven Wände eines hohen Gebäudes bis zum höchſten Stocke erſchüttert zu werden ſcheinen, wenn ein Wagen auf dem Pflaſter der Straße vor dem Gebäude raſſelt. Hier ſcheint in der That die Wirkung größer, als die Urſach; ſie würde es wirklich ſeyn, wenn die Erſchütterung durch die ganze Maſſe momentan, und nicht ſucceſſiv erfolgte.

Chr. Ernſt Wünſch Nachricht von einem Verſuche, welcher lehret, daſs der Schall durch feſte elaſtiſche Körper unendlich geſchwind, oder doch eben ſo geſchwind als das Licht, ſich bewegt; in der *Sammlung der deutſchen Abhandl., welche in der k. Akad. d. W. zu Berlin vorgeleſen worden.* Berl. 1793. 4. S. 187. ff.

§. 477. Zur Erklärung der Fortpflanzung des Schalles von einem ſchallenden Körper durch die Luft,

als

als dem gewöhnlichſten Fortpflanzungsmittel, muß man auch annehmen, daß durch die Schwingungen des erſtern die umgebenden Lufttheilchen, und durch dieſe die benachbarten Lufttheilchen abwechſelnd zuſammengedrückt werden und ſich wieder ausdehnen. Dieſemnach iſt die zur Fortpflanzung des Schalles dienende Bewegung der Luft eine **wellenförmige**, und keinesweges eine fortſchreitende. Der Schall pflanzt ſich von dem klingenden oder ſchallenden Körper, wie von dem Mittelpuncte einer Kugel nach der Fläche derſelben, in der Luft fort, und zwar nach der Stärke und Beſchaffenheit deſſelbigen zu einer größern oder geringern Weite, die bey der gehörigen Stärke des Schalles, nach der Lage des Orts, ſehr beträchtlich ſeyn kann. Die weiteſte Entfernung deſſelben kann man aber wegen der Menge der nicht zu beſtimmenden Umſtände nicht angeben. Man kann ſich die Fortpflanzung des Schalles in der Luft als **Schallſtrahlen** (Radii ſonori) vorſtellen, wenn man nur dabey nicht glaubt, daß wirkliche Ausflüſſe einer ſchall-machenden Materie Statt fänden.

§. 478. Der Schall pflanzt ſich in der Luft eben ſo leicht nach oben, als nach unten und nach der Seite zu fort, vorausgeſetzt, daß die Dichtigkeit der Luft, nach den verſchiedenen Richtungen zu, ſich nicht merklich ändert. In verdünnter Luft nimmt nicht nur die Stärke des Schalles ab, ſondern auch die Geſchwindigkeit.

§. 479. Aus der angeführten Ausbreitung des Schalles in der Luft folgt, daß die Stärke deſſelben abneh-

abnehmen müſſe, wie das Quadrat der Entfernung zunimmt.

§. 480. Die Fortpflanzung des Schalles durch die Luft geſchieht bey weitem nicht mit der Geſchwindigkeit, als durch contractile feſte Körper (§. 476.), und es verfließt eine merkliche Zeit, ehe der Schall durch eine lange Strecke von Luft ſich fortgepflanzt hat. Da die Geſchwindigkeit der Bewegung des Lichtes ſo außerordentlich groß iſt, daß die Zeit, die es zum Durchlaufen eines Raumes auf der Erde braucht, für nichts zu rechnen iſt, ſo hat man ſich des mit einem Schalle ausbrechenden Feuers, wie des Abfeuerns der Gewehre und des Geſchützes zur Nachtzeit, bedient, um daraus die Geſchwindigkeit der Fortpflanzung des Schalles in der Luft, in beſtimmter Entfernung zu meſſen. Die Reſultate der Erfahrungen hierüber weichen freylich ſehr von einander ab, wie ſich auch aus der veränderlichen Beſchaffenheit der Luft kaum anders erwarten läßt. Die von **Caſſini, Maraldi** und **de la Caille** angeſtellten ſcheinen doch die genaueſten und ſicherſten zu ſeyn, und zu Folge derſelben durchläuft der Schall in Einer Secunde einen Raum von 173 Toiſen oder 1038 pariſ. Fuß.

Mémoires de l'acad. roy. des ſc. de Paris, 1738. u. 1739. Gehlers phyſ. Wörterb. Th. III. S. 309.

Dieſe Geſchwindigkeit des Schalles kann auch dazu dienen, um die Entfernung eines Orts, eines Gewitters, eines Schiffes, u dergl., wenigſtens einiger Maßen, aus der Zeit, die zwiſchen dem Wahrnehmen des Schalles und des gleichzeitig ausbrechenden Lichtes verfließt, zu beurtheilen.

§. 481. Die Bewegung des Schalles iſt anſcheinend gleichförmig, oder er durchläuft in gleichen Zeiten gleiche Räume. Die Stärke des Schalles mag

beſchaffen ſeyn, wie ſie will, ſo iſt die Geſchwindigkeit deſſelben einerley; und alle Gattungen des Schalles haben einerley Geſchwindigkeit.

Experimenta et obſervationes de ſoni motu aliisque ad id attinentibus, factae a *D. W. Derhamo*, in den *philoſ. transact.* No. 313. S. 3. ff.

§. 482. Alles, was die Elaſticität der Luft ändert, bringt auch Veränderungen in der Geſchwindigkeit des Schalles zuwege, als: Wärme und Kälte, Verdichtung und Verdünnung der Luft. Wenn der Wind nach einer Richtung bläſt, die auf der Richtung des Schalles ſenkrecht iſt, ſo ändert er nichts in der Geſchwindigkeit des Schalles. Sonſt aber vermehrt oder vermindert er dieſelbe, je nachdem er mit dem Schalle in einerley oder in entgegengeſetzter Richtung geht, und zwar um ſeine eigene Geſchwindigkeit.

§. 483. Der Schall wird von harten Körpern nach den Geſetzen der Reflexion elaſtiſcher Körper zurückgeworfen. Darauf beruhet die Einrichtung der **Sprachgewölbe**. Wenn durch dieſe Reflexion die Zerſtreuung des Schalles in die Runde verhindert und die Divergenz der Schallſtrahlen dadurch in eine parallele Richtung verändert wird, ſo muß auch der Schall ſeine Stärke behalten, die er ſonſt verlieren würde. Darauf gründet ſich das **Sprachrohr**. Man iſt häufig bemüht geweſen, ihm die ſchicklichſte Figur zu geben; Hr. **Lambert** aber hat bewieſen, daß die Figur eines abgekürzten Kegels, wo nicht die beſte, doch eben ſo gut ſey, als jede andere. Sehr klingende Materien, oder ſolche, die eine ſtarke Reſonanz bewirken, können zwar bey der Anwendung zu Sprach-

röhren

röhren die Stärke des Schalles vermehren, aber ſie vermindern auch wieder auf der andern Seite die Deutlichkeit articulirter Töne.

Athanaſii Kircheri neue Hall- und Tonkunſt, a. d. L. Nördlingen 1684. Fol.

Sur quelques inſtrumens acouſtiques, par Mr. *Lambert*; in den *Mém. de l'ac. roy. des ſc. de Pruſſe.* 1763. S. 87.

J. H. Lamberts Abhandlung über einige akuſtiſche Inſtrumente. A. d. Franz. nebſt Zuſätzen über das ſo genannte Horn Alexanders des Großen, über Erfahrungen mit einem elliptiſchen Sprachrohre und über die Anwendung der Sprachröhre zur Telegraphie, von Gottfr. Huth. Berlin 1796. 8.

§. 484. Wenn der Schallſtrahl bey ſeinem Fortgange in der Luft ſenkrecht auf einen harten Körper ſtößt, ſo wird er auf dieſen Körper mit ſeiner ganzen Gewalt wirken und nach den Geſetzen der Reflexion von demſelben wieder in eben der Richtung und mit eben der Geſchwindigkeit zurückgeworfen werden. Ein Ohr alſo, das ganz nahe bey dem Orte des entſtehenden Schalles iſt, hört nicht allein dieſen **Urſchall**, ſondern auch den **Wiederſchall** oder das **Echo**. Wenn aber dieſer reflectirte Schall zu geſchwind auf den erſtern folgt, ſo wird er undeutlich und kann von jenem nicht unterſchieden werden. Die Erfahrung lehrt, daß zwey Schalle noch deutlich ſind und unterſchieden werden können, wenn ſie in dem neunten Theile einer Secunde auf einander folgen. Wenn daher ein Echo eines Schalles deutlich gehört werden ſoll, ſo muß die den Schall reflectirende Ebene ſo weit vom Urſchalle entfernt ſeyn, daß wenigſtens der neunte Theil einer Secunde vergeht, ehe der Schall hin- und zurückgeht, oder, welches einerley iſt, daß $\frac{1}{18}$ einer Secunde vergeht, ehe der Schall an die reflectirende

Ebene anſtößt. Wenn wir annehmen, daß der Schall in einer Secunde 1038 pariſiſche Fuß durchläuft (§. 480.), ſo muß die Ebene wenigſtens $\frac{1038}{18}$ oder $57\frac{2}{3}$ Fuß vom Urſchalle entfernt ſeyn, wenn das Echo deutlich gehört werden ſoll. In dieſer Entfernung kann es aber nur einen einzelnen Schall oder eine einzelne Sylbe deutlich wiederhallen, und heißt daher ein **einſylbiges Echo.** Es kommt bey dem Ausſprechen eines mehrſylbigen Wortes ſchon der Schall der erſten Sylben zurück, ehe das ganze Wort ausgeſprochen iſt, und man hört daher nur die letzte Sylbe allein deutlich nachhallen.

§. 485. Wenn die den Schall reflectirende Ebene 519 pariſiſche Fuß vom Urſchalle entfernt iſt, ſo vergeht eine Secunde Zeit, ehe das Echo wieder an den Ort des Urſchalles zurückkommt, und in dieſer Entfernung kann es ſchon vielſylbige Worte wiederholen. Das **Echo** heißt alsdann ein **vielſylbiges.** Wenn mehrere zurückwerfende Körper in Entfernung neben einander liegen, ſo daß der Schall von einem zum andern, und von jedem wieder an den Ort des Urſchalles reflectirt wird, ſo entſteht ein **vielfaches Echo**, das eine Sylbe mehreremal wiederholt, weil der Schall von der fernern reflectirenden Ebene ſpäter ins Ohr zurückkommt, als von der nähern, wenn anders nur der urſprüngliche Schall ſtark genug war.

Nachrichten von verſchiedenen merkwürdigen Arten des Echo ſehe man in Kirchers oben (§. 483.) angef. Schrift, und in Gehlers phyſ. Wörterb. Th. I. Art. Echo.

Zwey=

Zweyter Theil.
Beſondere Naturlehre.

§. 486.

Wir unterſuchen in der beſondern Naturlehre (§. 28.) die Natur der einzelnen **einfachern Stoffe** (§. 118.), die einen Gegenſtand unſerer ſinnlichen Wahrnehmungen ausmachen, indem wir die Wirkungen, welche ſie auf einander ausüben, und die Zuſammenſetzungen, welche ſie bilden, erforſchen.

Erſtes Hauptſtück.

Wärmeſtoff.

§. 487. Die objective Urſach der Empfindung, die jedermann unter dem Namen der **Wärme** oder **Hitze** (Calor) kennt, nennen wir **Wärmeſtoff** (Caloricum, *Calorique*).

§. 488. Nur dem Gemeingefühle, und keinem andern Sinne, können wir dieſe Subſtanz darſtellen. Aber es berechtigt dies eben ſo gut zu dem Schluſſe auf die objective Realität eines Wärmeſtoffes, als die Darſtellbarkeit für andere Sinne bey andern Subſtanzen.

§. 489. Wenn wir auf die Körper Acht geben, die wir in den Zuſtand bringen, daß ſie in uns die Empfindung der Erwärmung oder Erhitzung zuwege bringen, ſo finden wir, daß ſie in einen größern Raum ausgedehnt werden, und dieſe Zunahme des

Inbe:

Inbegriffs der Körper, ſo wohl der flüſſigen als der feſten, in der Wärme oder Hitze (Rarefactio), iſt eine ganz allgemeine Wirkung des Stoffes der Wärme.

Beſtätigung durch Verſuche: Eine mit Luft zum Theile gefüllte ſchlaffe Blaſe ſchwellt über einem Kohlfeuer auf; hohle Glaskugeln, die im kalten Branntweine ſchwimmen, ſinken im erwärmten; Weingeiſt, Queckſilber, ſteigt in gläſernen Röhren höher, wenn dieſe erwärmt werden; Wachskugeln ſinken im heißen Waſſer unter, da ſie im kalten Waſſer ſchwimmen; eine eiſerne Stange geht nach dem Glühendwerden nicht mehr durch einen Ring, durch den ſie in der Kälte geht; ein Eiſendraht verlängert ſich beym Glühendwerden.

§. 490. Man bedient ſich daher dieſer Veränderung des Volums gewiſſer Subſtanzen ſelbſt als Maaßſtab zur Beſtimmung der Ab- und Zunahme der Quantität oder Intenſität der die Wärme hervorbringenden Urſach.

Thermometer.

§. 491. Ein Werkzeug, welches uns Aenderungen der Wärme bemerklich macht und uns verſichert, daß ein gewiſſer Grad der Wärme, dem das Werkzeug jetzt ausgeſetzt iſt, derſelbige ſey, oder nicht ſey, dem es ein andermal ausgeſetzt war, heißt ein **Thermometer**, **Thermoſkop** oder **Wärmemeſſer**.

§. 492. Den Maaßſtab zur Beſtimmung der Aenderung der Wärme giebt bey den Thermometern die Aenderung des Volums der Subſtanzen, nämlich die Vermehrung oder Verminderung deſſelben bey der Zunahme oder Abnahme der freyen Wärmetheilchen. Man wählt dazu ſolche Stoffe, die von den Veränderungen

rungen des Wärmezuſtandes leicht afficirt, und bemerkbar genug durch geringe Zunahmen der Wärme ausgedehnt werden; dergleichen ſind tropfbare und elaſtiſch-flüſſige Körper. Um die Aenderungen des Volums deſto beſſer bemerkbar zu machen, ſchließt man dergleichen Flüſſigkeiten in enge gläſerne Röhren mit Kugeln ein, damit man durch den Stand in der Röhre die Aenderungen des Volums, die auf die Aenderungen der Wärme ſchließen laſſen, wahrnehmen könne.

§. 493. Die gewöhnlichſten Flüſſigkeiten, deren man ſich zum Füllen der Thermometer bedient, oder eigentlicher, durch deren Ausdehnung und Zuſammenziehung man auf die verhältnißmäßige Zunahme und Abnahme des Wärmeſtoffes ſchließt, ſind **Luft**, **Weingeiſt** und **Queckſilber**. Die Thermometer erhalten darnach den Namen der **Luftthermometer**, **Weingeiſtthermometer**, **Queckſilberthermometer**. Die Luftthermometer ſind die empfindlichſten, und die Luft wird durch gleiche Quantitäten des Wärmeſtoffes ſtärker expandirt, als ein gleiches Volum einer tropfbaren Flüſſigkeit. Das Queckſilber hat entſchiedene Vorzüge vor andern tropfbaren Flüſſigkeiten, dadurch: daß es leicht von einer gleichförmigen Reinigkeit erhalten werden kann; daß es gegen Aenderungen der Wärme ſehr empfindlich iſt; daß es ſtarke Grade der Hitze verträgt, ehe es kocht; und eine beträchtlich große Verminderung der Wärme dazu gehört, ehe es gefriert. Dieſe Eigenſchaften hat der Weingeiſt nicht alle; denn wenn er gleich noch ſpäter gefriert, als Queckſilber, und ſich noch ſtärker ausdehnt, ſo kocht er doch weit früher,

als Waſſer, und verwandelt ſich leicht in Dunſt. So bald ſich aber tropfbare Flüſſigkeiten durch Hitze in Dämpfe, oder durch Gefrieren in feſte Subſtanzen verwandeln, ſo meſſen ſie ganz andere Grade der Ausdehnung, als vorher, und die vorige Scale fortgeſetzt dient dann keinesweges mehr für dieſelben.

de Luc oben (S. 17, No. 8.) angef. Werk §. 410. a. u. ff. §. 422. a. ff. Luz vollſtändige Anweiſung, die Thermometer zu verfertigen, Nürnb. 1781. gr. 8. Ebendeſſelben vollſtändige Beſchreibung von allen Barometern, nebſt einem Anhange, ſeine Thermometer betreffend, Nürnberg und Leipzig 1784. gr. 8.

§. 494. Alle unſere Thermometer zeigen indeſſen keinesweges die abſoluten Quantitäten des freyen Wärmeſtoffes an, ſondern nur, ob die Quantität größer oder geringer ſey, als zu einer andern Zeit der Beobachtung. Deſſen ungeachtet iſt das Thermometer, ſo wie es iſt, doch ein überaus wichtiges Werkzeug für den Naturforſcher.

§. 495. **Cornelius Drebbel** von Alkmar in Nordholland wird gewöhnlich für den Erfinder des Thermometers, beym Anfange des vorigen Jahrhunderts, angegeben. Sein Thermometer war ein **Luftthermometer** und beſtand aus einer gläſernen Röhre, die oben mit einer Kugel geſchloſſen, bis zu einer gewiſſen Höhe mit einer gefärbten Flüſſigkeit gefüllt und mit ihrer untern Oeffnung in ein Behältniß, das eben dieſe Flüſſigkeit enthielt, geſtellt war. Die Luft trieb nun bey ihrer Ausdehnung durch Wärme die Flüſſigkeit in der Röhre herunter, oder dieſe ſtieg hinauf, wenn ſich die Luft durch Kälte zuſammenzog.

Um

Um das Werkzeug tragbarer zu machen, kann die Röhre Afg (Fig. 125.) unten bey g wieder gekrümmt werden und in die offene Kugel G auslaufen. Geſetzt, die Flüſſigkeit ſtehe in der Röhre bis f und in der Kugel zur Seite bis G, ſo wird die Luft zwiſchen f bis A durch die Ausdehnung bey der Erwärmung die Flüſſigkeit herabdrücken; bey der Verminderung der Wärme wird die Luft zwiſchen f und A ſich zuſammenziehen und der Druck der Atmoſphäre auf die Fläche der Flüſſigkeit in G dieſe hinauftreiben. Oder es kann noch bequemer die oben bey g offene Glasröhre (Fig. 126.), die unten in die Höhe gekrümmt und hier mit einer Kugel A geſchloſſen iſt, mit der gefärbten Flüſſigkeit ſo gefüllt werden, daß ein Theil der Kugel A noch Luft enthält. Durch die Zunahme der Wärme wird die Luft in der Kugel A ſich ausdehnen und die Flüſſigkeit über f in die Höhe treiben; durch die Verminderung der Wärme wird die Luft in A ſich zuſammenziehen und die Flüſſigkeit wird von f herabgedrückt werden. Dieſes **drebbeliſche Luftthermometer** hat aber den beträchtlichen Fehler, daß die äußere Luft zugleich darauf wirkt und daß nach Verſchiedenheit des Druckes derſelbigen die Flüſſigkeit in der Röhre verſchiedentlich hoch ſtehen kann, bey einerley Grad der Wärme. Wegen der großen Empfindlichkeit iſt dieſe Einrichtung indeſſen doch immer ſehr vortheilhaft zu nützen, um momentane und ſchnell vorübergehende Aenderungen der Wärme dadurch zu erforſchen.

§. 496.

§. 496. Wenn man an dem Luftthermometer die Wirkungen des Druckes der äußern Luft von denen des Wärmeſtoffes gehörig zu unterſcheiden, oder auch jene ganz auszuſchließen, im Stande iſt, ſo kann es die Erforderniſſe eines Thermometers (§. 491.) erfüllen und zu einem ſehr vollkommenen Werkzeuge werden. Die erſtere Einrichtung hat **Amontons**, die zweyte **Bernoulli's Luftthermometer**, bey welchen der Fehler des drebbeliſchen Thermometers völlig gehoben iſt.

§. 497. Das **amontonſche Luftthermometer** (§. 496.) beſteht aus einer langen, engen, gleich weiten, gläſernen Röhre (Fig. 132.), die bey a offen und unten gekrümmt iſt und ſich hier in eine Kugel b endigt, die einen ſehr großen Durchmeſſer gegen die Röhre haben muß, damit durch das Steigen und Fallen des Queckſilbers in der Röhre das Niveau des Queckſilbers in der Kugel ſich nicht merklich ändere. In der Kugel iſt Luft über dem Queckſilber eingeſchloſſen, und dieſes ſteht auch noch in der Röhre über dem Niveau des Queckſilbers in der Kugel, und zwar auch beym niedrigſten Grade der Wärme, die man durchs Werkzeug mißt. Es iſt aus der Lehre von dem Drucke und der Elaſticität der expanſibelen Flüſſigkeiten (§. 405.) bekannt, daß die Luft in der Kugel b nicht nur den Druck der Queckſilberſäule gf, ſondern auch den Druck der Atmoſphäre, den der jedesmalige Barometerſtand anzeigt, zu tragen habe. Wenn man alſo zu der Höhe der Queckſilberſäule über dem Niveau bf die jedesmalige Barometerhöhe

addirt,

addirt, ſo hat man die Höhe einer Queckſilberſäule, wie ſie bey der jedesmaligen Wärme der Luft in der Kugel von derſelben getragen werden kann.

Amontons, in den *Mém. de l'ac. roy. des ſc.* 1702. S. 160. ff. Lamberts Pyrometrie. Th. II. Hauptſt. 3.

§. 498. Es iſt übrigens ein, ohne allen Grund, von mehrern Phyſikern, ſeit **Bernoulli**, angenommener Satz: daß die Ausdehnungen der Luft, bey gleichem Drucke, in der Wärme, oder ihre abſolute Elaſticität bey unveränderter Dichtigkeit derſelben, den Quantitäten des Wärmeſtoffes proportional wären, und daß z. B. doppelt ſo ſtarke Elaſticität der eingeſchloſſenen Luft, bey gleich bleibender Dichtigkeit, doppelt ſo viel Quantität der ſie afficirenden Wärmetheilchen vorausſetze. Das amontonſche Luftthermometer giebt ſo wenig, wie irgend ein anderes Thermometer (§. 494.), die wirklichen Verhältniſſe des Wärmeſtoffes an. Jede Luft- oder Gasart dehnt ſich, bey gleichem Grade der Zuſammendrückung, durch gleiche Zunahme der Intenſität des Wärmeſtoffes anders aus; warum ſollte nun gerade allein die atmoſphäriſche Luft in ihren Zunahmen der Ausdehnung proportional gehen mit den Quantitäten der Wärmetheilchen, die ſie afficiren?

§. 499. Das **bernoulli'ſche Luftthermometer** (§. 496.) erhält man, wenn man die Kugel eines Kapſelbarometers (§. 396.) zuſchmelzt. Es iſt nun das Queckſilber in der Kugel nicht mehr dem Wechſel des Druckes der äußern Luft ausgeſetzt. Sonſt hat dieſes Werkzeug die Unbequemlichkeit, daß die Röhre

davon

davon ſehr lang, und weit länger, als bey einem gewöhnlichen Barometer ſeyn muß, weil ſonſt das Aufſteigen des Queckſilbers bey verſtärkten Graden der Wärme die ganze Röhre ausfüllen würde. Uebrigens muß die Röhre gegen die Kugel enge genug ſeyn, damit durch das Steigen und Fallen des Queckſilbers in der erſtern ſich das Niveau in der letztern nicht merklich ändere.

§. 500. Die florentiner Akademie bediente ſich zuerſt einer tropfbaren Flüſſigkeit zur thermoſkopiſchen Subſtanz. Ihr Thermometer beſteht in einer oben verſchloſſenen gläſernen Röhre mit einer unten befindlichen Kugel, worin gefärbter Weingeiſt eingeſchloſſen iſt. Man bemerkte an der Röhre einen Punct, wobey die Flüſſigkeit in einer gemäßigten Temperatur ſteht, z. B. in einem tiefen Keller, und brachte nun an der Röhre über und unter dieſem Puncte eine willkührliche Eintheilung in Grade an, ſo daß man jenen Punct mit 0 bezeichnete und die Grade des Thermometers auf- und abwärts zählte. Da aber bey dieſem florentiniſchen Thermometer jener Punct nicht mit Sicherheit beſtimmt werden kann, und die Grade über und unter demſelben nur willkührlich aufgetragen werden können, ſo ſieht man leicht die Unbrauchbarkeit deſſelben, um beſtimmte Grade der Wärme und Kälte darnach zu meſſen, und die Untauglichkeit der Methode, um darnach vergleichbare Thermometer zu machen.

Tentamina experimentorum naturalium captorum in acad. del Cimento, edit. a *Muſchenbroek*, S. 2. ff.

§. 501.

§. 501. **Fahrenheit** machte ſich daher um die Verbeſſerung der Thermometer dadurch ſehr verdient, daß er zwey ziemlich feſte Puncte daran beſtimmte und den Abſtand derſelben von einander in eine beſtimmte Anzahl Theile oder Grade eintheilte; ſo wie auch dadurch, daß er ſich, nach **Halley's** Rathe, nachher des Queckſilbers zum Füllen der Thermometerröhren bediente. Die Entfernung zweyer ſolcher feſten Puncte an dem Thermometer nennt man den **Fundamentalabſtand.** Fahrenheit nahm zum **untern Puncte** die Temperatur, welche ein Gemiſch aus gleichen Theilen Schnee und Salmiak hat, oder den **künſtlichen Froſtpunct** (Punctum congelationis artificialis), und zum **obern Puncte** die Hitze des ſiedenden Waſſers, den **Siedepunct** (Punctum ebullitionis). Er ſetzte bey jenem 0 und theilte dieſen Fundamentalabſtand in 212 gleiche Theile, ſo daß alſo dieſe Zahl für den Grad des kochenden Waſſers war. Auch unter 0 trug er noch eben ſo große Grade, als oberhalb waren. Für die Hitze des kochenden Queckſilbers kommen 600 ſeiner Grade. Gewöhnlich macht man aber die Scale dieſer Thermometer nur bis an den Siedepunct des Waſſers.

Herm. Boerhaave elementa chemiae. Lipſ. 1732. 8. T. I. S. 146. ff.

§. 502. Herr von **Reaumur** nahm dagegen zum untern Puncte an der Scale des Thermometers den bequemern **natürlichen Froſtpunct** (Punctum regelationis), oder die Temperatur des ſchmelzenden Schnees und Eiſes an, füllte das Thermometer mit

Wein-

Weingeiſt, der, um die Hitze des kochenden Waſſers auszuhalten, mit Waſſer verdünnt war, und theilte den Fundamentalabſtand von jenem Puncte bis zum Siedepuncte in achtzig gleiche Theile, (weil er gefunden hatte, daß ſein Weingeiſt ſich um 0,080 ſeines Voluminis, das er beym natürlichen Froſtpuncte hatte, ausdehnte,) und ſetzte alſo 0 bey dieſem Froſtpuncte, 80 beym Siedepuncte. Unter 0 wurden ebenfalls ſo große Grade an der Scale aufgetragen, als nach oben zu. Der natürliche Froſtpunct, oder das Reaumuriſche 0, iſt bey Fahrenheit 32 Grad.

Règle pour conſtruire des thermomètres, dont les dégrés ſoient comparables, par M. *Reaumur*, in den *Mémoires de l' acad. royale des ſc.* 1730. S. 452. ff. Second mémoire; ebendaſ 1731. S. 250. ff.

§. 503. Man hat in der Folge Reaumurs Scale auch für die Queckſilberthermometer angewendet. Sie trifft aber nicht mit der Graduirung des wahren Reaumuriſchen Thermometers überein, und dieſes zeigt daher mit einem Queckſilberthermometer, das die Reaumuriſche Scale hat, in einerley Wärme nicht einerley Grade; und wenn man ſich der Reaumuriſchen Scale bedient, ſo müßte man auch immer beſtimmen, ob man bey derſelben ein Queckſilber- oder ein Weingeiſtthermometer gebraucht habe.

de Luc a. a. O. §. 440. a. ff.

§. 504. Man hat nachher noch mehrere Eintheilungen des Fundamentalabſtandes oder Scalen eingeführt, aber wirklich ohne Noth die Thermometerſprache dadurch unbequemer gemacht. De Lisle ſetzte beym Siedepuncte des Waſſers 0, und beym natür-

natürlichen Gefrierpuncte 150, weil das Volumen des Queckſilbers in der Temperatur des letztern um 0,0150 geringer ſey, als in der des erſtern. **Celſius** hingegen theilte den Fundamentalabſtand vom natürlichen Froſtpuncte bis zum Siedepuncte in hundert gleiche Theile, und ſetzte bey jenem 0, bey dieſem 100. Dieſe Scale heißt auch die **ſchwediſche**.

§. 505. Die Hauptſache bey der Graduirung der Scale der Thermometer iſt die Beſtimmung zweyer, hinlänglich unterſchiedener, unveränderlicher Puncte, oder des Fundamentalabſtandes, die, wenn ſie immer wiedergefunden werden können und ihr Abſtand hernach in gleich große Theile eingetheilt wird, uns in den Stand ſetzen, harmonirende Thermometer zu machen. Man iſt jetzt allgemein übereingekommen, die Temperatur des ſchmelzenden Schnees, oder den natürlichen Gefrierpunct, und die Temperatur des ſiedenden Waſſers für die beyden feſten Puncte der Thermometerſcale anzunehmen, deren Abſtand man in 180 Theile, wenn man Fahrenheits Scale, oder in 80 Theile, wenn man Reaumurs Scale, oder in 100 Theile theilt, wenn man Celſius Scale haben will. Um Delisle's Scale zu erhalten, theilt man dieſen Fundamentalabſtand in 150 Theile, und zählt von oben herab. Dies alles gilt nur vom Queckſilberthermometer.

Die Fahrenheitiſche, Reaumuriſche und Celſiusſiſche Scale laſſen ſich leicht unter einander vergleichen, wenn man weiß, daß 180 F., 80 R. und 100 C. Grade einander gleich ſind, nur muß es bey der Reaumuriſchen Scale dann ein Queckſilberthermometer ſeyn. Es ſind demnach 18° F. = 8° R. = 10° C.; 9° F. = 4° R. = 5° C.; und alſo:

1 Gr. R. = $2\frac{1}{4}$ F. = $1\frac{1}{4}$ C.
1 Gr. F. = $\frac{4}{9}$ R. = $\frac{5}{9}$ C.
1 Gr. C. = $1\frac{4}{5}$ F. = $\frac{4}{5}$ R.

Wenn man aber Reaumuriſche und Celſiuſſiſche Grade auf Fahrenheitiſche, oder umgekehrt dieſe auf jene, reduciren will, ſo muß man nicht vergeſſen, daß Fahrenheit noch 32 ſeiner Grade unter dem Reaumuriſchen oder Celſiuſſiſchen 0 zählt. Um Delisliſche Grade in Fahrenheitiſche zu verwandeln, zieht man die gegebene Anzahl von 150 ab, weil Delisle von oben herunter zählt, multiplicirt den Reſt mit 6, dividirt das Product durch 5, (weil 180° F. mit 150 des Delisle, oder 6 mit 5 übereinkommen;) zu dem Quotienten addirt man noch 32, weil Fahrenheit dieſe noch unter dem natürlichen Froſtpuncte hat. Um Delisliſche Grade in Reaumuriſche zu verwandeln, ſo zieht man die gegebene Anzahl Grade von 150 ab, multiplicirt den Reſt mit 8 und dividirt das Product durch 15, weil 80° R. mit 150° Delisl. oder 8 mit 15 übereinkommen; und um die Delisliſchen Grade auf Celſiuſſiſche zu bringen, ſo verfährt man eben ſo, multiplicirt den Reſt mit 2 und dividirt das Product durch 3, weil 100° C. mit 150° Delisl. oder 2 mit 3 übereinkommen.

Umgekehrt, um Fahrenheitiſche, Reaumuriſche oder Celſiuſſiſche Grade in Delisliſche zu verwandeln, ſo zieht man die gegebene Anzahl der erſtern von 212, der andern von 80, der dritten von 150 ab; multiplicirt den Reſt der erſtern mit 5, der andern mit 15, der dritten mit 3; und dividirt das Product der erſtern mit 6, der andern mit 8, der dritten mit 2, ſo giebt der Quotient die Delisliſchen Grade an.

Allgemeine Formeln zur Vergleichung der Thermometergrade verſchiedener Scalen hat Hr. Hindenburg gegeben. (*Carol. Frider. Hindenburg* Pr. formulae comparandis gradibus thermometricis idoneae. Lipſ. 1791. 4.).

Bequem ſind die Vergleichungsthermometer (Thermomètres de comparaiſon), wo man die angeführten verſchiedenen Scalen zugleich aufträgt.

van Swinden Diſſ. ſur la comparaiſon des thermomètres. à Amſterd. 1778. 8.

§. 506. Da die Hitze des kochenden Waſſers nur bey einerley Druck der Atmoſphäre unveränderlich iſt, und das Waſſer bey größerm Drucke der Atmoſphäre eine größere, bey geringerm eine geringere Hitze zum Sieden erfordert, ſo ſieht man leicht, daß der Siedepunct nicht unveränderlich iſt. Daher iſt es zur genauen Beſtimmung des Fundamentalabſtan-

des

des nöthig, den Siedepunct entweder nur bey einer beſtimmten Normal=Barometerhöhe zu ſuchen oder ihn bey einer andern Barometerhöhe darnach zu berichtigen. Die von der königlichen Societät zu London zur Berichtigung dieſes Gegenſtandes niedergeſetzten Commiſſarien, **Cavendiſh, de Luc, Maskelyne** und **Horsley**, rathen an, den Siedepunct am Thermometer entweder bloß im Dampfe des ſiedenden Waſſers zu beſtimmen, das in einem verſchloſſenen Gefäße kocht, in welchem die Dämpfe ſich ſelbſt den Ausgang verſchaffen können, doch ſo, daß das ſiedende Waſſer ſelbſt die Thermometerkugel nicht berührt; oder die Kugel des Thermometers in das kochende Waſſer ſelbſt zwey bis drey Zoll tief einzuſenken. Zur Normalhöhe des Barometers beſtimmen ſie für die erſtere Methode 29,8 engl. Zoll, die 27 Z. 11,538 L. = 335,538 Lin. pariſ. gleich ſind; für die zweyte aber 29,5 engl. Zoll, die mit 27 Z. 8,16 L. oder 332,16 Linien pariſ. übereinkommen. Da nun genaue Verſuche lehren, daß eine Aenderung des Barometerſtandes von $29\frac{1}{2}$ bis $30\frac{1}{2}$ Zoll engl. (332,16 Lin. bis 343,42 L. pariſ.) eine Aenderung des Siedepunctes von 80,54 Gr. auf 81,25 Gr. Reaum. machte, oder, daß um Einen Zoll (engl.) Zunahme des Barometerſtandes der Siedepunct um 0,71 Gr. Reaum. = 1,59 Gr. Fahrenh. höher zu liegen kommt; da folglich jede Aenderung des Barometerſtandes um 0,114 Z. engl. = 1,283 Linien pariſ. eine Aenderung des Siedepunctes von 0,114 . 1,59 = 0,181 Gr. Fahr., d. i., eine Aenderung um $\frac{1}{1000}$ des ganzen Abſtandes

zwiſchen dem Siedepuncte und natürlichen Gefrierpuncte zuwege bringt: ſo hat man daraus folgende Regel zur Berichtigung des Siedepunctes feſtgeſetzt: Man beobachte zu der Zeit, da man den Siedepunct am Thermometer beſtimmt, die Barometerhöhe, und wenn ſie um n. 0,114 Z. engl. (oder n. 1,28 Linien pariſ.) höher oder niedriger iſt, als die Normalhöhe des Barometers ſeyn muß, ſo muß man den gefundenen Siedepunct um $\frac{n}{1000}$ ſeines Abſtandes vom Gefrierpuncte tiefer herab oder höher hinauf ſetzen. — Das Waſſer, worin man den Siedepunct beſtimmt, muß reines deſtillirtes oder Regenwaſſer ſeyn, indem Salztheile ſonſt den Siedepunct erhöhen können.

Bericht einer von der königl. Soc. der Wiſſenſch. zu London niedergeſetzten Commiſſion, über die beſte Methode, die feſten Puncte des Thermometers zu beſtimmen, a. d. *philoſ. transact.* Vol. LXVII. P. II. No. 37. überſ. in den Samml. zur Phyſ. und Naturgeſch. B. I. S. 643. ff. Luz vollſtändige Beſchr. von Barometern, Anh. S. 32. Gehlers phyſ. Wörterb. Th. IV. S. 336. ff.

§. 507. Zur Beſtimmung des untern Punctes am Fundamentalabſtande wählt man die Temperatur des zergehenden reinen Schnees oder reinen Eiſes, worein man das Thermometer ſenkt und hinlängliche Zeit darin ſtehen läßt. Dieſe Methode iſt ſicherer, als wenn man das Thermometer in eben gefrierendes Waſſer ſetzt. Der künſtliche Froſtpunct aus Schnee und Salmiak iſt ſehr unzuverläſſig.

de Luc a. a. O. Th. I. §. 438. c. Luz Anweiſ., Thermometer zu verfertigen, §. 128. — 129.

§. 508.

§. 508. Thermometer, welche mit der nöthigen Genauigkeit verfertigt und mit einerley Flüſſigkeit gefüllt ſind, **harmoniren** mit einander oder zeigen bey gleichen Aenderungen der Wärme oder Kälte einerley Grade an. Wenn man aber auch noch ſo genau bey ihrer Verfertigung verfährt, ſo bleiben ſie doch noch einigen kleinen, ſchwerlich abzuhelfenden, Mängeln ausgeſetzt, die beſonders darin beſtehen, daß die Wärme oder Kälte nicht allein die Flüſſigkeit des Thermometers ausdehnt oder zuſammenzieht, ſondern daß auch das Glas der Kugel und Röhre ſo wie die Scale ſelbſt dieſe Veränderungen erleidet.

Noch iſt hier zu bemerken, daß die Röhre gehörig calibrirt und von einem hinlänglich kleinen Durchmeſſer des Inwendigen der Röhre und einer ſchicklichen Länge ſey, das Queckſilber gehörig von Luft gereinigt und überhaupt in der möglichſten Reinigkeit angewendet werde.

Thermometer mit kleinern Kugeln ſind empfindlicher, als die mit größern. Die Kugel des Thermometers muß zu genauen Beobachtungen das Bret nicht berühren.

Zu den Schriften über die Verfertigung der Thermometer gehört noch außer den oben (§. 493.) angeführten: Strohmeyers Anleitung, übereinſtimmende Thermometer zu verfertigen. Götting. 1775. gr. 8.

§. 509. Größere Grade der Hitze, die über den Siedepunct des Queckſilbers gehen, und die wir folglich nicht mehr durch unſere damit gefüllte Thermometer meſſen können, weil das Queckſilber dann ſeinen Aggregatzuſtand der tropfbaren Flüſſigkeit ändert und in Dampf verwandelt wird, hat man durch **Pyrometer** zu meſſen geſucht. Die metallenen ſind ſehr unvollkommene und unzulängliche Werkzeuge. Es gehören hierher:

1) **Mortimers Metallthermometer.**

A diſcourſe concerning the uſefulneſs of thermometers in chemical experiments — with de deſcription and uſes of a metalline thermometer, newly invented by *Cromw. Mortimer;* in den *philoſ. transact.* Vol. XLIV. 1735. No. 484. *Append.* S. 672. Gehlers phyſ. Wörterb. Th. IV. S. 359.

2) Des Grafen von Löſer Metallthermometer.

Thermometri metallici ab inventione Comitis *Loeſeri* deſcriptio, auct. *Io. Dan. Titio.* Lipſ. 1765. 4. Eberhards Naturlehre §. 364.

3) Zeihers Metallthermometer.

Thermometri metallici deſcriptio, auct. *I. Ern. Zeihero;* in den *nov. comment. petrop.* T. IX. S. 305. ff.

§. 510. Wedgwoods Pyrometer macht allen andern den Vorzug ſtreitig. Es gründet ſich auf das Vermögen des Thons, in der Hitze zu ſchwinden, ohne ſich durch plötzliche Erkältung wieder auszudehnen. Auf eine meſſingene Platte ſind meſſingene Stäbe gelöthet, die etwas ſchräg gegen einander laufen und ſo eine allmählig enger werdende Nute bilden, in welche die zum Gebrauche dienenden thönernen Würfel hinein geſchoben werden. Um nun den Grad der Hitze eines Ofens zu meſſen, legt man einen thönernen Würfel hinein und wirft ihn ſogleich, nachdem er die Hitze des Ofens angenommen hat, in kaltes Waſſer. Der Würfel geht deſto tiefer in die Nute des Pyrometers hinein, je ſchmäler ſeine Seite durch die Hitze geworden iſt. An der Stelle, wo der Würfel ſtecken bleibt, ſteht auf den Stäben eine Zahl, die den Grad der Hitze angiebt. Es verſteht ſich, daß man immer einerley Art Thonwürfel zu dieſem Pyrometer brauchen müſſe.

Philoſophical transactions, Vol. LXXII. und LXXIV.

Freyer

Freyer Wärmeſtoff und deſſen Verbreitung.

§. 511. Um jeden erhitzten Körper herum verbreitet ſich, der Erfahrung zu Folge, die Kraftäußerung auf unſer Gefühl und aufs Thermometer, wodurch wir eben auf das Daſeyn des Wärmeſtoffes ſchließen, nach allen Richtungen zu, und zwar mit abnehmender Intenſität. Der Wärmeſtoff iſt alſo eine **expanſibele Flüſſigkeit** (§. 131.), und um jeden erhitzten Körper herum kann man ſich alſo eine Sphäre des Wärmeſtoffes von unbeſtimmter Größe vorſtellen, in welcher bey der weitern Verbreitung des Wärmeſtoffes ſeine Expanſivkraft abnehmen muß, wie ſeine Dichtigkeit abnimmt.

§. 512. Der Wärmeſtoff iſt ferner eine **rein-expanſibele Flüſſigkeit** (§. 133.), und ſeine Theilchen folgen ihrer abſtoßenden Kraft ungehindert, ohne zugleich von der Schwerkraft afficirt zu werden. So ſtrömen die freyen Wärmeſtoffstheilchen mit dem Lichte von der Sonne nach allen Richtungen aus, ohne durch Schwere an die Sonne gefeſſelt zu ſeyn, und ſo gehen ſie von der Erde da, wo ſie frey und in ihrer Expanſivkraft thätig zu werden anfangen, nach allen Richtungen, ohne gegen den Mittelpunct der Erde zu gravitiren. Sie können daher nicht, wie die ſchwere Luft (§. 423.), um die Erde herum eine bleibende Atmoſphäre bilden. Da der Wärmeſtoff alſo nicht ſchwer iſt, ſo können auch ſeine Quantitäten gar nicht durchs Gewicht beſtimmt werden, und ſeine Vermehrung

rung und Verminderung in den Körpern kann, wie auch die Erfahrung lehrt, das Gewicht des Körpers weder vermehren noch vermindern. Der Wärmeſtoff iſt demnach als **imponderabele Subſtanz** zu betrachten.

§. 513. Der Wärmeſtoff iſt **urſprünglich expanſibel** (§. 132.. Wir kennen nämlich keine Subſtanz, und keine einzige Erfahrung zeigt uns eine ſolche, von der wir die Expanſibilität des Wärmeſtoffes ableiten könnten.

§. 514. Dieſen Umſtänden zu Folge müßte der Wärmeſtoff ſich von dem Orte aus, wo er frey wird, ins Unendliche verbreiten, und ſeine Dichtigkeit, folglich ſeine Expanſivkraft oder ſeine Kraftäußerung, müßte daher endlich Null werden, weil er ſeiner Verbreitung durch ſich ſelbſt und durch ſeine eigene Ausſpannungskraft nicht Grenzen ſetzen kann. Dies würde auch geſchehen, wenn nicht, wie die Folge lehren wird, dem freyen Wärmeſtoffe durch Anziehungskräfte anderer Materien dagegen in ſeiner Ausſpannungskraft Grenzen geſetzt, und er alſo dahin gebracht werden könnte, ſeinen Raum mit Beharrlichkeit zu erfüllen.

§. 515. Zur anſchaulichern Erklärung gewiſſer Phänomene kann man ſich zwar die Verbreitung des Wärmeſtoffes in Strahlen (**ſtrahlender Wärmeſtoff**), oder ſo vorſtellen, daß die Theilchen deſſelben von dem Orte aus, wo ſie frey werden, ſich geradlinig divergirend verbreiten, wie Radii einer Kugel

vom

vom Mittelpuncte derſelben nach der Fläche derſelben gehen; allein in der Wirklichkeit iſt dieſe atomiſtiſche Vorſtellungsart nicht gegründet. Der Wärmeſtoff muß vielmehr als elaſtiſch-flüſſiges Weſen, auch bey der größeſten Dünne, ſeinen Raum mit Continuität erfüllen.

§. 516. Es folgt aus der Verbreitung des Wärmeſtoffes, daß die Stärke dieſes Ausfluſſes aus einem Puncte, oder die Quantität der Wärmetheilchen, die davon zu einer gegebenen Fläche gehen, im umgekehrten Verhältniſſe der Quadrate der Entfernungen abnehme. Erfahrungen hierüber mit dem Thermometer können den Satz nicht beweiſen, da daſſelbe nicht die Quantitäten des Wärmeſtoffes anzugeben vermag (§. 494.).

Lamberts Pyrometrie, oder vom Maaße des Feuers und der Wärme. Berlin 1779. 4. S. 201. ff. Marc. Aug. Pictets Verſuch über das Feuer. A. d. Franzöſ. Tübingen 1790. 8. §. 31.

§. 517. Die Beſchleunigung der Expanſivkraft, die die Theilchen des Wärmeſtoffes in Bewegung ſetzt, iſt, wie die Wirkung auf den Lichtſtoff lehrt, ſo groß, daß die Bewegung der freyen Wärmetheilchen für Verſetzungen aus einem Orte in den andern bey unſern Verſuchen auf der Erde inſtantan zu ſeyn ſcheint. Für ſehr große Räume würde die Geſchwindigkeit allerdings meßbar ſeyn.

Pictets Verſ. §. 64 — 67.

§. 518. Die Intenſität der Hitze oder Wärme hängt von der Quantität der freyen Wärmetheilchen in einerley Raume oder ihrer Dichtigkeit ab, mit welcher ihre Expanſivkraft im Verhältniſſe ſeyn muß. Die durch-

durch ihre Wirkung aufs Thermometer beſtimmten Intenſitäten der Hitze nennen wir auch die Temperaturen (Temperies) der Körper.

§. 519. Wenn man einem Körper, deſſen Temperatur über die des umgebenden Mediums und des darin befindlichen Thermometers merklich erhöhet iſt, ein empfindliches Thermometer nähert, auf welcher Seite man will, ſo zeigt das Thermometer eine höhere Temperatur. Dieſe erhöhete Temperatur bleibt aber nicht beſtändig, ſondern ſie kommt nachher allmählig wieder zu der Temperatur des umgebenden Mediums zurück. Dies folgt aus der Verbreitung des Wärmeſtoffes. Jeder erhitzte Körper, (wenn er nicht einer dauernden Quelle neuer Wärme ausgeſetzt iſt,) verliert ſo nach und nach ſeinen Ueberſchuß der Temperatur über die umgebenden, und es iſt kein Körper der Erde bekannt, der vermögend wäre, die höhere Temperatur zurückzuhalten, und keiner, welcher vermögend wäre, einen in ihm eingeſchloſſenen erhitzten Körper in der höhern Temperatur über die des umgebenden Mittels zu erhalten und die Zerſtreuung des von ihm austretenden Wärmeſtoffes zu verhindern. Es giebt alſo für den Wärmeſtoff keine undurchdringliche Hülle.

§. 520. Nach der atomiſtiſchen Vorſtellungsart erklärt man das Warmwerden der Körper und die Zunahme ihrer Temperatur aus dem in ihre leeren Zwiſchenräume tretenden und durch ſie ſtrömenden Wärmeſtoffe und deſſen zunehmender Dichtigkeit: aber hiernach würden nur die vermeinten leeren Zwiſchenräume der Körper warm ſeyn; die materiellen Theile müßten

müßten abſolut kalt ſeyn. Es geht hier vielmehr eine wahre chemiſche Durchdringung vor, wie bey den Auflöſungen (§. 182.).

Eigentlich wird aller Wärmeſtoff, der andern Materien zugeführt wird, durch ihre Anziehung dagegen aufgenommen, und er durchdringt ſie nur zu Folge dieſer Anziehung, wie das Licht die durchſichtigen Körper, was in der Folge beym Lichte näher aus einander geſetzt werden wird. Eine mechaniſche Durchdringung iſt nicht möglich (§. 37.).

§. 521. Nur derjenige Wärmeſtoff in Körpern iſt warm-machend, deſſen Expanſivkraft thätig iſt oder thätig wird; nur dieſer wirkt aufs Gefühl und aufs Thermometer und heißt **freyer Wärmeſtoff**. Er erfüllt, ſo lange er frey iſt, eben wegen ſeiner Repulſionskraft, ſeinen Raum nicht mit Beharrlichkeit; dies kann er nur, wenn ſeine urſprünglich bewegende Kraft durch die Anziehungskraft anderer Materien gegen ihn ins Gleichgewicht gebracht wird, ſo daß er nun mit ihnen zuſammenhängt oder chemiſch damit verbunden iſt. Man nennt ihn dann **unmerkbaren, verborgenen, fixirten Wärmeſtoff** (Caloricum fixum).

§. 522. Die Temperatur eines Körpers (§. 518.) hängt alſo nicht von der Quantität des darin befindlichen Wärmeſtoffes überhaupt, ſondern von der des freyen Wärmeſtoffes ab, der durch ihn dringt oder aus ihm tritt.

§. 523. Wenn ein Körper eine höhere Temperatur hat, als ein anderer, der mit ihm zuſammengebracht wird, ſo pflanzt ſich die Wärme aus jenem in dieſen fort, und der kältere entzieht den Ueberſchuß

der

der Wärme dem wärmern. Der eine verliert alſo, und der andere überkommt; und dies dauert ſo lange, bis das Thermometer in beyden eine gleichförmige Temperatur anzeigt.

§. 524. Da aus einem warmen oder erhitzten Körper nur in ſo fern Wärmetheilchen weggeführt werden, in ſo fern die umgebenden Körper weniger warm ſind, ſo ſagt man, daß die Wärme eines Körpers, oder eines umgebenden Mittels, allemal einem gleich großen Grade von Wärme in dem andern Körper das Gleichgewicht halte.

§. 525. Bey dieſem Gleichgewichte des Wärmeſtoffes in Körpern von einerley Temperatur muß man aber nicht die Vorſtellung haben, daß derſelbe durch ſich ſelbſt zurückzuhalten ſey, oder daß er ſich durch den Gegendruck des eben ſo elaſtiſchen Wärmeſtoffes in einer gleichförmigen Spannung oder Dehnung befinde, wie etwa zwey mit Federkraft begabte Stahlfedern, oder Polſter, oder zwey Portionen eingeſchloſſener Luft im Gleichgewichte ſind. Dieſe Idee ſtreitet ſchlechterdings mit der Natur des freyen Wärmeſtoffes, der, wie das Licht, nie mit Beharrlichkeit ſeinen Raum erfüllt und für den es keine undurchdringliche Hülle giebt.

Die Vorſtellung von Spannungen und darauf gegründeten abſoluten und ſpecifiſchen Elaſticitäten des Wärmeſtoffes legt Hr. Mayer in ſeiner ſonſt ſehr ſchätzbaren Abhandlung zum Grunde: Ueber die Geſetze und Modificationen des Wärmeſtoffs, von Joh. Tob. Mayer. Erlangen 1791. 8.

§. 526. Das Gleichgewicht der Wärme beſteht vielmehr in der Gleichheit der durch die Verbreitung

des

des freyen Wärmeſtoffes hervorgebrachten Wechſel. Wenn ſich nämlich zwey benachbarte Körper wechſelſeitig eine gleiche Anzahl Wärmetheilchen in einer gegebenen Zeit zuſchicken, oder, mit andern Worten, wenn in einerley Zeit in den einen Körper ſo viel freye Wärmetheilchen aus dem andern ſtrömen, als von ihm zu demſelben treten; ſo ändert ſich natürlicher Weiſe die Temperatur nicht, da die Quantität der freyen Wärmetheilchen in den Körpern gleich bleibt und von derſelben die Temperatur abhängt. Geſetzt aber, es verlöre in dem einen Körper die Wärmematerie ihre bewegende Kraft zur Verbreitung, ſo würde ihm von dem andern Körper mehr davon zuſtrömen, als er jenem wieder zuſendet, und ſo würde die Temperatur in jenem abnehmen; und dies würde ſo lange dauern, bis die Wechſel ihrer Wärmetheilchen wieder gleich wären.

Recherches phyſico-mécaniques ſur la chaleur, par *Pierre Prevoſt.* à Geneve et Paris 1792. 8. S. 10. ff.

§. 527. Wenn alſo ein Körper in einerley Zeit eben ſo viel freye Wärmetheilchen ausſtrömt, als er empfängt, und umgekehrt, ſo iſt ſeine Temperatur dauernd. Wenn er mehr empfängt, als er ausſtrömt, ohne dieſe empfangenen Wärmetheilchen zu binden oder ihnen durch ſeine Anziehungskraft Schranken zu ſetzen, ſo wird ſeine Temperatur zunehmen, d. h., er wird **erhitzt** werden. Wenn er hingegen mehr ausſendet, als er empfängt, ſo wird ſeine Temperatur vermindert werden, d. h., er wird **erkältet**.

§. 528. Wenn ſich eine Quelle von Wärme öffnet und die ihr ausgeſetzten Körper die davon ausfließenden Wärmetheilchen in größerer Menge empfangen, als ſie dahin ausſtrömen, ſo werden ſie erhitzt werden. Da ſie aber in einer gegebenen Zeit nur eine beſtimmte Quantität davon empfangen können, ſo muß auch eine gewiſſe Zeit für ſie nöthig ſeyn, um einen gegebenen Grad von Temperatur zu erreichen oder bis zu einem gewiſſen Grade erhitzt zu werden. Wenn wir nun hierbey nicht nur Maſſen und Volumina, ſondern auch die Natur der Körper, folglich ihre Leitungskraft für die freye Wärmematerie, gleich ſetzen, ſo folgt, daß ihre durch die Mittheilung erhaltene Temperatur von der Zeit und der Intenſität des Wärmeſtoffes abhängen muß.

Wenn alſo ein Körper gleichförmig eine Zeit hindurch Wärme ausſtrömt und als eine ununterbrochene Quelle des Wärmeſtoffes anzuſehen iſt, ſo wird ein Thermometer, in einer gewiſſen Entfernung davon eine kurze Zeit gehalten, nicht ſo hoch ſteigen, als in einer längern Zeit. Und wenn eben daſſelbige Thermometer zweyen Wärmequellen, deren Intenſitäten verſchieden ſind, gleich ſtark genähert wird, ſo wird es in einerley Zeit nicht von einerley Temperatur zu gleichen Graden ſteigen, ſondern durch den heißern Körper höher, als durch den minder heißen.

§. 529. Es iſt alſo die Zunahme der Temperatur eines und deſſelbigen Körpers, (ſo lange ſeine Natur unverändert bleibt,) in einer gegebenen Zeit der Intenſität der Wärme des wärme-verbreitenden Körpers proportional. Eben ſo iſt auch klar, daß ſie ſich wie die Zeit verhalten muß, wenn die Intenſität der Quelle der Wärme beſtändig und unveränderlich iſt und aus dem erwärmten Körper kein Wärmeſtoff

ſtoff wieder ausſtrömen oder ſonſt verſchluckt werden kann.

§. 530. Aus beyden Sätzen zuſammen folgt demnach: daß die Anhäufung der freyen Wärmematerie in einem Raume, aus dem ſie nicht wieder heraustritt, in einem zuſammengeſetzten Verhältniſſe der Zeit und der Intenſität der Wärme des die Wärme zuführenden Körpers ſey, oder ſich verhalte, wie die Intenſität der die Wärme hervorbringenden Urſach multiplicirt mit der Zeit.

Prevoſt recherches, §. 12 — 15.

§. 531. Wenn die Temperatur eines Körpers gleich bleibt, ſo wird die aus ihm ausſtrömende Wärmematerie ebenfalls in einem zuſammengeſetzten Verhältniſſe der Intenſität ſeiner Wärme und der Zeit ſeyn. Wenn alſo die Zeit gleich iſt, ſo wird ein und derſelbige Raum oder Körper, der noch einmal ſo heiß, oder worin die Dichtigkeit des freyen Wärmeſtoffes noch einmal ſo groß iſt, doppelt ſo viel Wärmematerie ausſchicken. Und wenn die Intenſität ſeines freyen Wärmeſtoffes gleich bleibt, (immer wieder gleichförmig erſetzt wird,) ſo wird er in der doppelten Zeit noch einmal ſo viel Wärmeſtoff ausſtrömen.

Prevoſt recherches, §. 16.

§. 532. Jeder Körper, der Wärmeſtoff mitgetheilt erhält, ſtrömt zu gleicher Zeit auch Wärmeſtoff aus; und die Erhöhung deſſelben iſt daher nur die Differenz der Quantitäten dieſer ein- und ausſtrömenden Wärmetheilchen.

§. 533. Die Erhitzung oder Erkältung eines der Luft ausgeſetzten Körpers iſt, wenn die Temperatur der Luft gleich bleibt, in gleichen Zeittheilchen der Differenz der anfänglichen Temperaturen gleich. Dieſes Geſetz folgt aus dem vorhergehenden ungezwungen, und Richmann hat es durch eine Reihe ſinnreicher Verſuche zu beſtätigen geſucht.

Inquiſitio in legem, ſecundum quam calor fluidi in vaſe contenti certo temporis intervallo in temperie aëris conſtanter eodem decreſcit, vel creſcit, et detectio eius, auct. *Geo. Wilh. Richmanno*; in den *nov. comment. petrop.* T. I. S. 191. Lambert a. a. O. §. 255. ff. *Prevoſt* recherches, §. 18.

§. 534. Wenn ein erhitzter Körper in einem kalten Mittel ſich befindet, deſſen Temperatur ſich gleich bleibt, ſo führt die Expanſion des Wärmeſtoffes in jedem Augenblicke einen Theil der Wärme des Körpers weg, welcher der in ihm zurückbleibenden Wärmemenge proportional iſt.

Wenn z. B. der Körper $\frac{1}{10}$ ſeiner innern Wärme in einem Augenblicke verliert, ſo werden nach dem erſten Augenblicke noch $\frac{9}{10}$ ſeiner primitiven Wärmemenge übrig bleiben; er wird im zweyten Augenblicke wieder $\frac{1}{10}$ von dieſen $\frac{9}{10}$ verlieren, und es werden $\frac{9}{10}$ von den $\frac{9}{10}$ der primitiven Wärmemenge übrig bleiben, u. ſ. f.

Newton opuſc. T. II. S. 423. und Princip. philoſ. nat. L. III. Prop. VIII. Cor. IV. Richmann a. a. O. S. 195. Lambert a. a. O. §. 258. *Prevoſt* a. a. O. §. 19.

§. 535. Dieſem Geſetze gemäß geſchieht die Erwärmung oder Erkältung eines Körpers in einem Mittel, deſſen Temperatur conſtant iſt, dergeſtalt, daß die Unterſchiede ſeiner Wärme von der des Mittels in einer geometriſchen Progreſſion ſind, während die Zeiten der Erhitzung oder Erkältung in arithmetiſcher Pro-

Progreſſion fortgehen. Die Fortſchritte der Veränderungen der Temperatur des Körpers werden deshalb auch in gleicher Zeit immer kleiner.

Anwendung von dieſem allgemeinen Geſetze der Erkältung oder Erhitzung in Fällen, wenn die ſich die Wärme mittheilenden Körper beyde die Temperatur ändern, hat *Prevoſt* a. a. O. §. 20.

§. 536. Die Erkältungen erhitzter Körper in einem Mittel, deſſen Temperatur ſich gleich bleibt, ſind nach Richmann im geraden Verhältniſſe ihrer Oberflächen und im umgekehrten ihrer Maſſen.

Richmann a. a. O.

§. 537. Unſer Körper enthält ſelbſt eine Quelle zur Wärme in ſich, ſo lange wir leben, wie der Körper aller warmblütigen Thiere, d. h., es wird in unſerm Körper während ſeines Lebens beſtändig fixirter Wärmeſtoff zum freyen gemacht, der ſich dem Körper mittheilt und den Antheil erſetzt, welchen wir nach den Geſetzen der Verbreitung des Wärmeſtoffes ohne Unterlaß an die uns umgebenden Mittel abſetzen. Wenn nun ein anderer uns berührender Körper uns in einerley Zeit mehr freyen Wärmeſtoff mittheilt, als er von uns empfängt, ſo nennen wir ihn **warm** oder **heiß**; wenn er hingegen in einerley Zeit mehr Wärmeſtoff von uns empfängt, als er uns mittheilt, ſo heißt er **kalt**. Kälte iſt nichts Poſitives, ſondern etwas Negatives. **Abſolute Kälte**, oder das wahre Null am Thermometer, kennen wir nicht.

§. 538. Wenn es für den freyen Wärmeſtoff eine undurchdringliche Hülle gäbe, ſo würde der dar-

in eingeſchloſſene Körper ſtets die Temperatur behalten, die er einmal hat, da die Intenſität ſeines Wärmeſtoffes durch Verbreitung nicht geſchwächt würde. Es exiſtirt aber keine Materie in der Natur, die für die Wärmetheilchen undurchdringlich wäre (§. 518.).

§. 539. Die Erfahrung lehrt aber, daß die verſchiedenen Körper den Wärmeſtoff nicht gleich ſchnell durchlaſſen und bey gleicher Temperatur einen und eben denſelben in ihnen eingeſchloſſenen Körper von der höhern Temperatur, bey übrigens gleichen Umſtänden, nicht in gleichen Zeiten um gleich viel Grade abkühlen laſſen. So lehren ſchon alltägliche und gemeine Erfahrungen: daß wir durch wollene Kleider und Bedeckungen uns mehr vor der Kälte ſchützen können, als ohne dieſe; daß wir uns in Federbetten auch in Zimmern, die unter dem Gefrierpuncte kalt ſind, in der zum Leben nöthigen Temperatur unſers Körpers erhalten können, wenn wir daſelbſt in einer Hülle von Metall unfehlbar erſtarren müßten; daß ein erhitzter Körper ſchneller im Waſſer abgekühlt wird, als in Luft von eben der Temperatur; daß Bäume mit Stroh umwunden vor dem Winterfroſte beſſer geſchützt werden, als ohne dieſe Bedeckung; daß es unter Strohdächern im Sommer kühler und im Winter wärmer iſt, als unter Ziegeldächern; daß Eisgruben mit hölzernen Bekleidungen den Eindrang der äußern Wärme ungleich länger abhalten, als mit ſteinernen Wänden; daß eine Eiſenſtange mit einem hölzernen Handgriffe ſich an dieſem ohne Verle-

zung

ẓung der Hand anfaſſen läßt, wenn ſie an ihrem Ende glühend gemacht wird, da ſie hingegen mit dem metallenen Handgriffe bald eine verletzende Wärme erlangen würde; daß unter der Hülle des Schnees die Temperatur des Bodens weit länger warm bleibt, als wenn er von der Luft allein berührt wird; daß wir unter Aſche erwärmte Flüſſigkeiten länger warm erhalten können, als in der Luft; u. dergl. m.

§. 540. Wir ſchreiben dieſemnach demjenigen Körper, der die Wärmetheilchen ſchneller durch ſich durchläßt, als ein anderer, oder der in kürzerer Zeit bey gleicher Oberfläche durch einerley Wärmeſtrom von einerley Temperatur zu einer gleichen Anzahl von Graden erhitzt wird, eine größere **wärme-leitende Kraft** zu, als einem andern, und gründen hierauf den Unterſchied zwiſchen guten und ſchlechten **Leitern für die Wärmematerie.** Einen vollkommenen Nichtleiter für die Wärme giebt es nicht.

§. 541. Indeſſen herrſchen bey den Phyſikern zum Theile noch widerſprechende Vorſtellungen von dem, was ſie unter wärme-leitender Kraft der Körper verſtehen, und ſie haben ſich noch nicht gehörig über den Begriff davon vereinigt. Wenn z. B. ein bis zum Siedepuncte erhitztes Thermometer in eine Maſſe ſchmelzenden Schnee geſtellt wird, ſo wird es darin weit ſchneller zu der Temperatur des ſchmelzenden Schnees herabkommen, als in Luft von eben dieſer Temperatur. Ich muß alſo dem ſchmelzenden Schnee eine ſtärkere wärme-leitende Kraft zuſchreiben, als der

Luft. Wenn ich aber dieſe darnach beſtimme, ob ein Körper ſchneller oder langſamer, folglich in kleinerer oder in größerer Zeit, bey gleichem Volum zu einerley Anzahl von Graden durch einerley Wärmeſtrom erhoben werden kann; ſo muß ich der Luft eine ſtärkere wärme-leitende Kraft zuſchreiben, als dem Waſſer, weil ich finde, daß ſie weit ſchneller vom Gefrierpuncte an zu einer gewiſſen Temperatur kommt, als das Waſſer.

§. 542. Man muß ſich alſo erſt über die Beſtimmung der wärme-leitenden Kraft einverſtehen. Ich beſtimme ſie daher, mit Hrn. **Thompſon**, von dem wir die zahlreichſten Verſuche über dieſen Gegenſtand haben, für **das Vermögen der Körper, bey übrigens gleichen Umſtänden, die Abkühlung eines darin eingeſchloſſenen erhitzten Körpers ſchneller oder langſamer zuzulaſſen.** Der Körper, der dieſe Abkühlung ſchneller zuläßt, iſt ein beſſerer Leiter, als der, welcher ſie langſamer oder in längerer Zeit zuläßt. Im gemeinen Leben nennen wir ſchlechte Leiter für die Wärme, z. B. Wolle, Federn, Haare, Pelzwerk, **warme**, auch **warm-haltende** Körper.

§. 543. Erſt in neuern Zeiten hat man dieſen Gegenſtand, der in Anſehung des Nutzens, welcher ſich von ſeiner Bearbeitung für Künſte und Gewerbe und für die Geſellſchaft überhaupt, ſo wie ſelbſt für die Erklärung mehrerer Naturphänomene daraus ziehen läßt, ſo überaus wichtig iſt, zu bearbeiten angefangen. Das Verfahren, deſſen ſich Herr **Thompſon**

in

in ſeinen neuern Verſuchen bedient hat, beſteht darin, ein empfindliches Queckſilberthermometer mit hinreichend breiter Scale in einen Glaskolben mit einer Kugel ſo aufzuhängen, daß die Kugel des Thermometers in der Mitte der Kugel dieſes Gefäßes ſteht; den Zwiſchenraum mit der Subſtanz, deren reſpective wärme-leitende Kraft man beſtimmen will, zu gleicher Höhe auszufüllen, den Apparat in kochendem Waſſer bis zu einerley Temperatur zu erhitzen, hernach in einer kalt-machenden Miſchung aus Eis und Waſſer von hinlänglicher Maſſe wieder abzukühlen, und nach einer Secundenuhr genau die Zeit zu merken, welche verfließt, ehe das Thermometer von 70 Gr. R. bis 10 Grad herabſinkt, und zwar von 10 Gr. zu 10 Gr. Man ſieht leicht, daß die Leitungskraft der Subſtanz für die Wärme im umgekehrten Verhältniſſe der gefundenen Zeit der Abkühlung ſtehen muß. Verſuche über die wärme-leitende Kraft der Körper haben **Richmann**, **Thompſon**, **Ingenhouſz**, **Pictet** und **Mayer** angeſtellt. Die Reſultate, die ſie daraus ziehen, weichen oft von einander ab.

New Experiments upon Heat, by *Colon. Sir Benjam. Thompſon*. Lond. 1786. 4. Experiments upon Heat, by *Major-General Sir Benjam. Thompſon*; in den *philoſ. transact*. 1792. P. I. S. 48. ff. Verſuche über die Wärme, vom General-Major Hrn. Benj. Thompſon, in Grens Journ. der Phyſik, B. VII. S. 246. ff. Mayer vom Wärmeſtoffe, S. 228. ff. Ueber das Geſetz, welches die Leitungskräfte der Körper für die Wärme befolgen, vom Hrn. Hofr. Mayer; in Grens Journ. der Phyſik, B. IV. S. 22. Ingenhouſz über die Leitungskraft der Metalle für Wärme; ebendaſelbſt B. I. S. 154. Pictet Verſ. über das Feuer, Kap. 4 — 5. 6.

§. 544. Die wärme-leitende Kraft der Körper hängt hauptſächlich von dem Vermögen derſelben ab,

die freye Wärmematerie durch ihre Anziehung dagegen zur unmerkbaren zu machen. Iſt nämlich ein erhitzter Körper mit einem kältern umgeben, der den freyen Wärmeſtoff ſchnell bindet, ſo wird der aus ihm auf den letztern ſtrömende Wärmeſtoff ſchnell und leicht zur latenten Wärme gemacht, die nicht wieder zurückſtrahlt, und der erhitzte Körper verliert ſo deſto leichter ſeinen Ueberſchuß der Temperatur oder ſeiner freyen Wärme.

Die wärme-leitende Kraft des leeren Raums, wovon Herr Thompſon ſpricht, iſt nichts anderes, als die wärme-leitende Kraft der Hülle, die den leeren Raum begrenzt, und nahmentlich in den Verſuchen der Herren Thompſon und Pictet die wärme-leitende Kraft des Glaſes.

Auch die Erſcheinung, daß in Zimmern, worin z. B. durch Verbrennen von Oehl u. dergl. ſich rußhaltiger Dampf bildet, an der Decke derſelben mit der Zeit die Stellen, wo die Balken laufen, durch ihre weißere Farbe erkennbar werden, gründet ſich auf die ſchlechter leitende Beſchaffenheit des Holzes für Wärme.

Aus der verſchiedenen wärme-leitenden Kraft läßt ſich nun auch leicht erklären, warum ein Stück Metall und ein Stück Holz beyde von gleicher, aber niedrigerer Temperatur als unſer Körper, ſich nicht gleichförmig kalt beym Anfühlen zeigen.

§. 545. Der Wärmeſtoff, der bey ſeiner Verbreitung auf die Fläche eines andern Körpers trifft und davon nicht angezogen wird oder ſie nicht durchdringt, wird nach den Geſetzen der Reflexion elaſtiſcher Körper (§. 303.) davon wieder zurückgeworfen, und ſtrömt unter eben dem Winkel von der reflectirenden Fläche zurück, unter dem er darauf ſtieß. Die Erſcheinungen des Wärmeſtoffes, der ſich in Vereinigung mit dem Lichte verbreitet, beſtätigen dies am beſten, wie die Folge lehren wird.

Hier-

Hierher gehören Pictets Verſuche über die Zurückſtrahlung der dunkeln Wärme durch Hohlſpiegel und über die ſo genannte Zurückſtrahlung der Kälte.

Pictet a. a. O. Kap. 3.

§. 546. So lange zwey Körper gleichartig bleiben, ſo kann es gar keinem Zweifel unterworfen ſeyn, daß, wenn die Temperaturen derſelben gleich ſind, die abſoluten Quantitäten des freyen Wärmeſtoffes ſich darin verhalten wie die Maſſen oder Volumina. Der Wärmeſtoff mag darin Abänderungen ſeiner Expanſivkraft erleiden oder nicht, ſo wird im erſtern Falle dies immer auf gleiche Art geſchehen.

§. 547. Es folgt hieraus, daß, wenn zwey gleichartige Körper von ungleichen Temperaturen mit einander gleichförmig vermengt werden, ſich die Wärmemenge beyder zuſammen gleichförmig durch das ganze Gemenge ausbreiten, und die Vertheilung des Ueberſchuſſes des freyen Wärmeſtoffes den Voluminibus oder Maſſen derſelben proportional ſeyn müſſe. Die Erfahrung beſtätigt dieſe von **Richmann** angegebene Regel vollkommen, wenn man das zugleich in Anſchlag bringt, was von der Wärme während des Zuſammenmiſchens an die umgebende Luft oder das Gefäß, worin man die Miſchung macht, tritt.

Wenn alſo T, t die verſchiedenen Grade der Temperatur der zu vermengenden gleichartigen Körper, M, m ihre Maſſen oder Volumina anzeigen, ſo iſt die Temperatur nach der Vermengung, oder x, $= \frac{T \cdot M + t \cdot m}{M + m}$. Wenn M = m iſt, ſo iſt $x = \frac{T + t}{2}$. Geſetzt, es werde 1 Pf. heißer Sand von 180 Gr. F. mit 1 Pf. Sand von 40 Gr. vermengt, ſo wird die Temperatur nach der Vermengung $\frac{180 + 40}{2} = 110$ Gr. werden, oder der Ueberſchuß, 140 Gr.,

Gr., in dem einen Pfunde wird ſich unter beyde Pfunde gleichförmig vertheilen, ſo daß das wärmere Pfund $\frac{140}{2}$ oder 70 Grad verliert, und das kältere dagegen $\frac{140}{2}$ oder 70 Gr. erlangt. Oder, wenn 10 Pf. Waſſer von 180 Gr. mit 6 Pf. Waſſer von 40 Gr. vermiſcht werden, ſo wird die Temperatur nach der Vermiſchung $\frac{180 \,.\, 10 + 40 \,.\, 6}{10 + 6}$ $= 127\frac{1}{2}$ Gr. werden.

Aus der Formel: $x = \frac{T \,.\, M + t \,.\, m}{M + m}$, folgt, daß $M : m = x - t : T - x$; und man kann daraus finden, wie groß die Maſſen oder Gewichte zweyer gleichartiger Körper, deren verſchiedene Temperaturen gegeben ſind, ſeyn müſſen, um aus ihrer Vermengung die verlangte Temperatur herauszubringen. Man habe z. B. Waſſer von 60 Gr. und von 180 Gr.; wie iſt das Verhältniß von jedem, um eine Temperatur von 96 Gr. des Gemiſchten hervorzubringen? Antw.: $96 - 60 : 180 - 96 = 36 : 84 = 3 : 7$, d. h., man wird von dem Waſſer von 180 Gr. 3 Theile, und von dem von 60 Gr. 7 Theile mit einander vermiſchen müſſen, um 96 Gr. warmes zu erhalten.

De quantitate caloris, quae poſt miſcelam fluidorum certo gradu calidorum oriri debet, cogitationes, auctore *Geo. Wilh. Richmann*; in den *nov. comment. petrop.* T. I. S. 152. ff.

§. 548. Dieſe Regel findet aber gar nicht mehr Statt, ſo bald man ungleichartige Körper von verſchiedenen Temperaturen mit einander vermengt. Hier vertheilt ſich der Ueberſchuß des wärmern nicht nach Verhältniß der Gewichte dieſer Körper, und es ſind vielmehr ungleiche Quantitäten des freyen Wärmeſtoffes nöthig, um in gleichen Gewichten gleiche Veränderungen der Temperatur zuwege zu bringen. Wenn z. B. 1 Pf. Queckſilber und 1 Pf. Waſſer, welches letztere eine höhere Temperatur hat, als jenes, mit einander zuſammengerührt werden, ſo wird die Wärme des Gemenges allezeit größer ſeyn, als das arithmetiſche Mittel der vorigen Temperaturen; wenn aber das Queckſilber heißer iſt, als das Waſſer, ſo wird die Temperatur kleiner ſeyn, als das arithmetiſche Mittel.

Wenn z. B. 1 Pf. Queckſilber von 110 Gr. F. und 1 Pf. Waſſer von 44 Gr. mit einander vermengt werden, ſo ſollte nach der vorigen Richmanniſchen Regel die Temperatur des Gemenges 77 Gr. werden, ſie wird aber nur 47 Gr.; und wenn das Queckſilber 44 Gr. und das Waſſer 110 Gr. hat, ſo wird ſie 107 Gr. Wenn alſo das Pf. Queckſilber 63 Gr. durch Vertheilung verliert, ſo gewinnt das Waſſer nur 3 Gr.; und wenn hinwiederum das Waſſer 3 Gr. verliert, ſo gewinnt das Queckſilber 63 Gr.

§. 549. Wenn alſo die Temperatur eines Körpers A um n Grade wächſt oder vermindert wird, während die Temperatur des damit vermengten Körpers B von gleichem Gewichte um m Grade vermindert wird oder wächſt: ſo können wir ſchließen: daß ſo viel Wärmetheilchen, als den Körper A um n Grade wärmer machen können, ein eben ſo großes Gewicht von B um m Grade erwärmen; und daß, wenn A und B bey gleichem Gewichte gleiche Temperatur haben, die Quantitäten der freyen Wärmetheilchen darin ſich verhalten wie m : n.

Weil in dem vorhergehenden Exempel die Wärme des Waſſers bey der Vermengung mit gleich viel Queckſilber um 1 Gr. wächſt oder vermindert wird, während die des Queckſilbers um 21 Gr. vermindert wird oder wächſt; ſo ſchließt man, daß ſo viel Wärmetheilchen, als das Waſſer um 1 Gr. wärmer machen können, ein eben ſo großes Gewicht Queckſilber um 21 Gr. erwärmen. Wenn alſo Waſſer und Queckſilber bey gleichen Gewichten gleiche Temperatur haben, ſo müſſen die freyen Wärmetheilchen in jenem ſich zu denen in dieſem verhalten wie 21 : 1.

§. 550. Dieſes Verhältniß der Quantitäten freyer Wärmetheilchen in ungleichartigen Körpern bey gleicher Temperatur und gleichem Gewichte nennt man die **ſpecifiſche Wärme** (Calor ſpecificus) nach Hrn. **Wilke**, oder die **comparative Wärme**, auch die **Capacität der Körper für Wärme**, nach Herrn **Crawford**. Beſtimmt man das Verhältniß bey gleichem

chem Volum, ſo nennt es Herr **Wilke** die **relative Wärme**.

§. 551. Man beſtimmt dieſe ſpecifiſche Wärme der Körper aus den Veränderungen der Temperaturen, die ſie zeigen, wenn ſie in verſchiedenen Temperaturen vermengt worden und hernach auf eine gemeinſchaftliche gebracht worden ſind. Wenn die Gewichte der Körper A und B gleich ſind, ſo verhalten ſich die ſpecifiſchen Wärmen m, n umgekehrt wie die Veränderungen x, y der Temperaturen, nachdem ſie auf eine gemeinſchaftliche gebracht worden ſind; oder es iſt $m : n = y : x$, folglich $m = \frac{ny}{x}$. Wenn die Gewichte P, p der zu vermengenden Materien ungleich ſind, ſo verhalten ſich die ſpecifiſchen Wärmen m, n umgekehrt wie die Producte aus den Veränderungen x, y der Temperaturen in die Gewichte; oder es iſt $m : n = yp : xP$, folglich $m = \frac{nyp}{xP}$. Der Erfinder dieſer Formel iſt Herr **Irvine**.

Ein Pfund Queckſilber von 110 Gr. mit 1 Pf. Waſſer von 44 Gr. vermengt giebt eine Temperatur von 47 Gr. Die Veränderung der Temperatur des Queckſilbers, oder x, iſt $110 - 47 = 63$; die des Waſſers, oder y, iſt $44 - 47 = 3$; folglich verhält ſich die ſpecifiſche Wärme des Queckſilbers, oder m, zu der des Waſſers, oder n, wie $y : x = 3 : 63 = 1 : 21$; und es iſt alſo $m = \frac{1}{21}$, wenn $n = 1$. Wenn 14 Pf. Queckſilber, oder P, von 100 Gr. mit 1 Pf. Waſſer, oder p, von 50 Gr. vermengt werden, ſo wird vermöge der Erfahrung die gleichförmige Temperatur nach der gehörigen Vertheilung der Wärme 70 Gr. Hier iſt alſo $x = 100 - 70 = 30$, y hingegen $= 70 - 50 = 20$, folglich $m : n = py : Px = 1 . 20 : 14 . 30 = 20 : 420 = 1 : 21$; das iſt, wie vorher.

§. 552. Der Erſte, der hierüber Erfahrungen angeſtellt hat, war Herr **Wilke**. Herr **Black** und

Ir-

Irvine hatten ſich zwar auch ſchon mit dieſem Gegenſtande beſchäftigt; die Reſultate ihrer Unterſuchungen wurden aber erſt nachher durch Herrn Crawford bekannt gemacht, der ſelbſt mit vieler Sorgfalt die ſpecifiſche Wärme verſchiedener Körper zu beſtimmen geſucht hat. Man hat ſo die Reſultate dieſer Verſuche in Tabellen gebracht und die ſpecifiſche Wärme des Waſſers dabey zur Einheit geſetzt. Dieſe Verſuche erfordern aber außerordentlich viel Genauigkeit, wenn die Reſultate nicht zu ſehr von der Wahrheit abweichen ſollen. Eine Hauptregel dabey iſt, keine ſolche Subſtanzen mit einander zu vermengen, die eine chemiſche Wirkung auf einander äußern, ſich wechſelſeitig auflöſen, oder ihre Form ändern, oder ein zuſammengeſetztes neues Product geben, weil dabey, wie die Folge lehren wird, aus den Körpern ſelbſt Wärmetheilchen frey oder verſchluckt werden können, die die berechnete Temperatur erhöhen oder vermindern. Herr Crawford hat dieſe Regel nicht immer beobachtet, und eben deswegen ſind viele ſeiner Reſultate unzuläſſig. Viele Naturforſcher verwechſeln übrigens noch die latente Wärme mit dieſer ſpecifiſchen; was ganz irrig iſt. Die letztere iſt nur Verhältniß der freyen Wärmetheilchen in Körpern bey gleichen Temperaturen und Gewichten.

Sonſt iſt bey Anſtellung der Verſuche über die ſpecifiſche Wärme der Körper zu merken: 1) daß dazu Queckſilberthermometer gehören, die nicht nur ſehr genau, ſondern auch ſehr empfindlich ſind; 2) daß die Wärme, die während der Vermengung an die umgebende Atmoſphäre abgeſetzt wird, gehörig berechnet wird; 3) daß die kältere Subſtanz die Temperatur der Luft im Zimmer habe; 4) daß die ſpecifiſche Wärme des Gefäßes, worin die Vermengung vorgenommen wird, ſelbſt gehörig beſtimmt und der Einfluß deſſelben in

An=

Anſchlag gebracht ſey; 5) daß die Unterſchiede der ſehr niedrigen Temperatur ſo wohl als der ſehr großen vermieden werden; und 6) daß die Volumina ſo viel als möglich gleich genommen werden.

Wegen der Nichtbeobachtung der im §. angeführten Hauptregel bey dieſen Verſuchen ſind daher von Herrn Crawfords Erfahrungen die Reſultate zu verwerfen, die er bey der Beſtimmung der comparativen Wärme der Metallkalke, der Aſche, des Holzes, der brennbaren Luft, des Weitzens, der Hafergrütze, der Bohnen, der Gerſte, des Fleiſches, Blutes, u. a., herausbringt. Eben ſo auch die Reſultate, welche andere bey der Vermiſchung mit Waſſer und Salzen, Säuren, Alcohol, Eis, erhalten haben.

Verſuche über die eigenthümliche Menge des Feuers in feſten Körpern und deren Meſſung, von Joh. Carl Wilke; in den neuen ſchwediſchen Abhandl. Leipz. B. II. S. 48., und in Crells neueſten Entd. der Chemie, B. X. S. 163. Experiments and obſervatious on animal heat, and the inflammation of combuſtible bodies, being an attemp to reſolve thoſe phaenomena into a general law of nature, by *Adair Crawford*. Lond. 1779. 8. 1788. 8. Adair Crawfords Verſuche und Beobachtungen über die thieriſche Wärme, a. d. Engl., herausgegeben von L. Crell, 1789. 8. Prüfung der neuen Theorien über Feuer, Wärme, Brennſtoff und Luft, von Gren; in deſſen Journ. der Phyſik, B. I. S. 5. ff. S. 189. ff.

§. 553. Mit Recht iſt in die Zahlen in den Tabellen über die ſpecifiſche Wärme der Körper, die wir in neuern Zeiten erhalten haben, ein Mißtrauen zu ſetzen, da man ſich durchaus zu den Verſuchen, worauf ſie ſich gründen, ſolcher Materien, z. B. des Waſſers, bedient hat, die ihre Form durch Abänderung der Temperatur ändern oder ſonſt chemiſch auf einander wirken. Ich glaube daher immer noch, daß die ſpecifiſche Wärme der Körper ſich umgekehrt verhalte, wie die eigenthümlichen Gewichte der Körper, und halte alſo Boerhaaven noch nicht für widerlegt, welcher annahm, daß ſich die abſoluten Quantitäten des freyen Wärmeſtoffes in ungleichartigen Körpern bey gleichen Temperaturen derſelben verhielten, wie

die

die Volumina der Körper; welcher Satz gleich bedeutend iſt.

Bey dem ſchon öfter gebrauchten Beyſpiele von Queckſilber und Waſſer (§. 548. 551.) dürfte die gemeinſchaftliche Temperatur nach der Vermengung des 1 Pf. Queckſilber vom 110° F. und des 1 Pf. Waſſer von 44° F. ſtatt 47 Gr. nur 48½ Gr. werden, (wie es in der Wirklichkeit auch wohl ſeyn kann, wenn der entweichende Waſſerdampf keine Wärmetheilchen fortführte oder die ſich zerſtreuenden Wärmetheile ſonſt beſſer in Anſchlag gebracht werden könnten,) und dann würde die Rechnung nach der Formel des § 551. die ſpecifiſche Wärme des Queckſilbers zu der des Waſſers geben, wie 48,5 — 44 : 110 — 48,5 = 4,5 : 61,5 = 1,000 : 13,677, oder umgekehrt, wie ihre eigenthümlichen Gewichte.

Herm. Boerhaave elem. chemiae. Lipſ. 1732. T. I. S. 166. 232.

Wirkungen des Wärmeſtoffes auf die Körper.

Expanſion der Körper durch Wärme.

§. 554. Die erſte Wirkung, die wir an den der Hitze ausgeſetzten Körpern wahrnehmen, iſt die ſchon oben (§. 489.) angeführte Ausdehnung in einen größern Raum. Dieſe Ausdehnung iſt Folge der thätigen Expanſivkraft der Wärmetheilchen, durch welche die urſprünglichen Repulſionskraft der Materie der Körper in Beziehung auf die Anziehungskraft derſelben vermehrt wird, ſo daß beyde nur dann erſt wieder im Gleichgewichte ſind, wenn die Materie des Körpers einen größern Raum als vorher erfüllt, folglich expandirt worden iſt.

§. 555. Die Größe der Ausdehnung der Körper in der Hitze, bey gleichem Volum derſelben und gleicher Intenſität der mitgetheilten Hitze, richtet ſich nicht

nicht nach einem bekannten Geſetze. Allgemein aber dehnen ſich elaſtiſche Flüſſigkeiten ſtärker und ſchneller aus, als tropfbar-flüſſige; dieſe ſtärker und ſchneller, als feſte Körper. Werkzeuge, um die Zunahmen der Ausdehnung **feſter Körper** in der Hitze zu meſſen, hat man auch **Pyrometer** genannt. **Muſchenbroek, Bouguer, Smeaton** haben dergleichen angegeben.

Muſchenbroek introd. ad philoſ. nat. T. II. §. 1527. Expériences faites à Quito, ſur la dilatation et la contraction, qui ſouffrent les métaux par le chaud et le froid, par Mr. *Bouguer*; in den *Mémoires de l' acad. roy. des ſc.* 1745. S. 230. *Smeaton* deſcription of a new pyrometer; in den *philoſ. transact.* Vol. XLVIII. 1754. No. 79. Lamberts Pyrometrie, S. 119.

Folgendes ſind die Reſultate verſchiedener Verſuche dieſer Art. Das Volum der Körper, das beym Eispuncte = 1,00000 angenommen worden iſt, wurde durch die Zunahme der Wärme bis zum Siedepuncte

bey Glas	1,00083	Smeaton
Gold	1,00094	Bouguer
Bley	1,00286	Smeaton
Zinn	1,00248	—
Silber	1,00189	Herbert
Meſſing	1,00193	Smeaton
Kupfer	1,00170	—
Stahl	1,00122	—
Eiſen	1,00125	—

§. 556. Von dieſer Ausdehnung feſter Körper in der Hitze iſt es herzuleiten, daß ſich der Gang der Pendul, die Federkraft, Sprödigkeit und Fähigkeit der feſten Körper durch die Temperatur ändern kann.

§. 557. Die Ausdehnung der feſten Körper als ſolcher in der Hitze hat ihre Grenzen, über welche hinaus ſie aufhören, feſte zu ſeyn, und durch den fortdauernden und ſtärkern Einfluß des Wärmeſtoffes ſie entweder flüſſig werden und ſchmelzen, oder ſonſt Veränderung ihrer Miſchung erleiden und nicht mehr

die

die vorige Natur behalten. Wenn feſte Körper durch die Hitze flüchtige Beſtandtheile verlieren, ſo können ſie dadurch auch wohl ſich mehr zuſammenziehen; eben dies kann auch erfolgen, wenn ſie durch die Hitze in einen Grad der Zuſammenſinterung oder anfangenden Schmelzung kommen und ihre körnige und mit Höhlungen verſehene Textur verändern und dicht werden. Ein Beyſpiel giebt das Schwinden des Thons in der Hitze.

§. 558. Ueber die Ausdehnungen **tropfbarflüſſiger** Körper in der Hitze haben wir nur erſt wenig zuverläſſige Beobachtungen, welche uns indeſſen doch lehren, daß die Expanſion verſchiedener tropfbarer Flüſſigkeiten ſehr verſchieden durch gleiche Grade von Wärme ausfalle, und daß alle Angaben über die Quantität dieſer Ausdehnung durch eine gewiſſe Anzahl von Graden ſehr unzuverläſſig ſind, wenn nicht genau beſtimmt iſt, bey welchem Grade von Wärme ſie gefunden worden ſind.

Queckſilber nimmt von der Temperatur des natürlichen Gefrierpunctes an bis zum Siedepuncte des Waſſers in ſeinem körperlichen Inhalte zu, um 0,0185 nach de Luc, um 0,0168 nach Roy.

Waſſer erhält in dieſem Intervalle eine Zunahme ſeines Volums um 0,045176 nach de Luc.

Hrn. Schmidts Verſuche über dieſen Gegenſtand lehren, daß der körperliche Inhalt, wenn man ihn bey 15° R. = 1 ſetzt, durch die Zunahme der Wärme von 30 Gr. R., oder von 15° bis 45° R., zunehme bey

Waſſer — — —	um 0,01328
Weingeiſt (eigenth. Gew. 0,827) —	— 0,03973
Terpentinöhl — — —	— 0,03708
Baumöhl — — — —	— 0,03019
Alkaliſche Lauge (4 Th. Waſſer, 1 Th. Salz)	— 0,01512
Salzwaſſer (4 Th. W., 1 Th. Salz) —	— 0,01515
Doppeltes Scheidewaſſer (eig. G. 1,170)	— 0,02460
Vitriolöhl (eig. Gew. 1,893) — —	— 0,02340.

Ver-

Verſuche über das Geſetz der Ausdehnungen einiger Flüſſigkeiten durch die Wärme, von Hrn Schmidt; in Grens neuem Journ. d. Phyſ. B. I. S. 216. ff.

§. 559. Uebrigens erhellet aus der Dilatation der tropfbaren Flüſſigkeiten in der Wärme die Nothwendigkeit, bey der Beſtimmung der eigenthümlichen Gewichte derſelben eine gewiſſe Normal-Temperatur durchaus zu beobachten (§. 351.).

§. 560. Die Grenze der Ausdehnung der liquiden Stoffe, als ſolcher, durch die Hitze iſt da, wo ſie anfangen, ſich in elaſtiſche Flüſſigkeiten, in Dämpfe oder Gas zu verwandeln, weil ſie dann ganz andere Grade der Ausdehnung befolgen.

§. 561. Die **elaſtiſchen Flüſſigkeiten** dehnen ſich durch die Wärme am ſchnelleſten und durch gleiche Grade derſelben am ſtärkſten aus. In Anſehung des Maaßes der Ausdehnung der Luft durch eine beſtimmte Anzahl von Graden der Wärme weichen die Reſultate der Beobachter ſehr von einander ab. Hr. **de Luc** nimmt an, daß ſich die Luft vom Gefrierpuncte bis zum Siedepuncte um $\frac{372}{1000}$, folglich für jeden Grad Aenderung des Queckſilberthermometers mit Reaum. Scale ſich um $\frac{1}{215}$ ihres Volums ausdehne; und ſeinen Verſuchen zu Folge nimmt man an, daß die Luft von der mittlern Temperatur, (56 bis 60 Gr. Fahrenh.,) bis zur Siedhitze des Waſſers um $\frac{1}{3}$ in ihrem Volum wachſe. Nach den Verſuchen des Hrn. **Roy** hingegen zeigt bey 15° Gr. Reaum. jeder Grad Zunahme der Wärme an, daß der Umfang der Luft um $\frac{1}{170}$ zugenommen habe. Hr. **von Sauſſure** giebt

ein

ein anderes Verhältniß an, und nach ihm bringt zwiſchen dem 6ten Grade R. bis zum 22ſten ein Grad Aenderung des Thermometerſtandes eine Aenderung des Volums der Luft um $\frac{1}{215}$ zuwege. Nach den Erfahrungen der Herren **Vandermonde**, **Berthollet** und **Monge** dehnt ſich die atmoſphäriſche Luft, bey unverändertem Drucke, um $\frac{1}{184,8}$ ihres Volums durch jeden Grad Reaum. aus. Indeſſen lehren die genauen Verſuche der Hrn. **Morveau** und **du Vernois**, daß die Zunahme der Luft durch die Wärme progreſſiv iſt, oder daß die Luft durch gleiche Quantitäten der Wärme nach dem Thermometermaaße um ſo viel mehr ausdehnbar iſt, je mehr ſie ſchon ausgedehnt iſt. Nach den Verſuchen derſelben beträgt die Vermehrung des primitiven Volums der trockenen atmoſphäriſchen Luft, beym Barometerſtande von 26 Zoll 9,5 Linien,

von 0 bis	20	Gr.	Reaum.	0,0789
0 ſ	40	ſ	ſ	0,2570
0 ſ	60	ſ	ſ	0,6574
0 ſ	80	ſ	ſ	0,9368.

Es beträgt dieſemnach die Vermehrung des Volums

von 0 bis	20	Gr.	Reaum.	0,0789 = $\frac{1}{12,67}$
20 ſ	40	ſ	ſ	0,1781 = $\frac{1}{5,61}$
40 ſ	60	ſ	ſ	0,4004 = $\frac{1}{2,49}$
60 ſ	80	ſ	ſ	0,2794 = $\frac{1}{3,57}$

de Luc über die Atmoſph. §. 607. *Schukburgh* in den *philoſ. transact.* Vol. LXVII. S. 363. ff. *Le Roy*, ebendaſ. S. 689. ff. Sauſſure Hygrometrie, §. 113. *Vandermonde, Berthollet et Monge* mém. ſur le fer, in den *Mém. de l'ac. roy. des ſc.* 1786. S. 36. ff.

Verſuche über die Ausdehnbarkeit der Luft und der Gasarten durch die Wärme, zur genauen Beſtimmung der

Umfänge derſelbigen bey einer gegebenen Temperatur, vom Hrn. von Morveau, in Grens Journ. d. Phyſ. B. I. S. 293. ff.

Nach Robins wird die Luft von der mittlern Temperatur bis zur Hitze des glühenden Eiſens um das Vierfache ihres Volums ausgedehnt.

§. 562. Andere Gasarten befolgen nach den angeführten Erfahrungen der Hrn. **Morveau** und **du Vernois** andere Geſetze der Ausdehnung durch die Wärme, als die atmoſphäriſche Luft.

Nach dieſen Verſuchen war das Volum

1) des Stickgas, unterm Barometerſtande von 27 Z.,

bey 0° R. -	1,0000
- 20° - -	1,0340
- 40° - -	1,2186
- 60° - -	1,7664
- 80° - -	6,9412

2) des Sauerſtoffgas, unterm Baromſt. von 26 Z., 10,75 L.,

bey 0° R. -	1,0000
- 20° - -	1,0452
- 40° - -	1,2483
- 60° - -	1,9018
- 80° - -	5,4767

3) des Waſſerſtoffgas, beym Barometerſt. von 27,66 Z.,

bey 0° R. -	1,0000
- 20° - -	1,0839
- 40° - -	1,2283
- 60° - -	1,3742
- 80° - -	1,3912

4) des Salpetergas, beym Barometerſt. von 27 Z., 3/5 L.,

bey 0° R. -	1,0000
- 20° - -	1,0652
- 40° - -	1,1763
- 60° - -	1,4437
- 80° - -	1,6029

5) des kohlenſauren Gas, bey gleichem Barometerſtande,

bey 0° R. -	1,0000
- 20° - -	1,1105
- 40° - -	1,3066
- 60° - -	1,7385
- 80° - -	2,0094

6)

6) des Ammoniakgas, unterm Barometerſtande von 28 Z.,

bey 0° R.	-	1,0000
- 20° -	-	1,2791
- 40° -	-	1,8487
- 60° -	-	3,5878
- 80° -	-	6,8009

§. 563. Durch Zunahme der Temperatur der Luft wird ihre Expanſivkraft vermehrt, wie ihre Ausbreitung in einen größern Raum offenbar lehrt. Iſt nun die Luft in einem Gefäße eingeſchloſſen, ſo nehmen durch Vermehrung der Wärme ihre Elaſticität und ihr Druck auf das Hinderniß ihrer Expanſion zu.

Eine mit wenig Luft erfüllte Blaſe ſchwillt in der Hitze auf.

Im Luftthermometer drückt die durch die Wärme ausgedehnte und in ihrer Elaſticität vermehrte Luft die Flüſſigkeit in die Höhe.

Im Heronsballe wird das Waſſer durch erwärmte Luft zum Springen gebracht.

Die Feuerfontaine.

§. 564. Die Zunahme der Elaſticität der eingeſchloſſenen Luft durch die Wärme macht, daß ſie nun einer höhern Queckſilberſäule in der torricelliſchen Röhre das Gleichgewicht halten kann als in der Kälte; und der Ueberſchuß dieſer Höhe über die, welche ſie zur Zeit ihrer Einſchließung im Freyen erhielt, giebt das Maaß ihrer vermehrten abſoluten Elaſticität durch die Wärme an.

§. 565. Es fehlt uns noch an genauen Verſuchen über die Zunahme der abſoluten Elaſticität der eingeſchloſſenen atmoſphäriſchen Luft und der Gasarten durch eine beſtimmte Anzahl von Wärmegraden. Es iſt wahrſcheinlich, daß die Elaſticität einer und der-

ſelben Luftmaſſe, deren Dichtigkeit ſich gleich bleibt, durch die Wärme nach eben dem Verhältniſſe wachſe, als ſie durch dieſelbe unterm Drucke der Atmoſphäre ſich in einen größern Raum ausdehnen würde (§. 561. 562.).

Amontons, in den *Mém. de l' acad. roy. des ſc.* 1702. S. 160. ff. *Le Roy* a. a. O.

§. 566. Die Gewalt, welche eingeſchloſſene und erhitzte Luft gegen das Hinderniß ihrer Expanſion ausübt, muß durch die Zunahme der Hitze immer mehr und mehr wachſen. Es iſt denkbar, daß ihre Ausſpannungskraft endlich ſo groß werden könne, daß ſie der Zuſammendrückung eben ſo ſehr widerſteht, als ein Stein. Das Wachsthum ihrer Elaſticität in den Graden des Glühens iſt bewundernswürdig groß, und groß genug, um alle Bande der Cohäſion und Schwere zu überwältigen, wie die Kraft des entzündeten Schießpulvers in Schießgewehren, beym Sprengen der Minen und des Geſteins in Bergwerken beweiſet.

Verſuch einer Theorie der Sprengarbeit, nebſt einem Vorſchlage zur Verbeſſerung der Kunſtſätze, von Franz Baader. Freyberg und Annaberg 1792. 8.

§. 567. Da alſo die Elaſticität der Luft durch die Wärme wächſt, ſo kann auch eine dünnere Luft, welche erwärmt iſt, einer dichtern, aber kältern, Luft das Gleichgewicht halten. Die erwärmte Luft breitet ſich daher in der kältern aus, ſteigt in derſelben empor, oder ergießt ſich über dieſe hin.

Hierauf gründen ſich

1) Die Wirkung der Wetterſchächte und die Wetterwechſel in Gruben.

Lomo-

Lomonoſow, in den *nov. comment. petrop.* T. I. S. 267. ff. *Jars*, in den *Mém. de l' acad. roy. des ſc.* 1768. S. 218. ff.

2) Der Zug der Luft in den Windöfen.

3) Das Emporſteigen der Montgolfieren.

van Swinden poſit. phyſ. T. II. S. 220. ff. *Faujas de St. Fond* déſcription de la machine aëroſtatique de Monſ. *de Montgolfier*. à Paris 1784. T. I. II.

4) Die entgegengeſetzten Ströme der Luft durch die geöffnete Thür eines geheitzten Zimmers.

§. 568. Hierauf gründet ſich ferner die Methode, Gefäße mit ſehr enger Mündung mit Waſſer oder andern tropfbaren Flüſſigkeiten leicht zu füllen. Wird nämlich durch Erwärmung des offenen Gefäßes die darin enthaltene Luft ſo viel als möglich ausgetrieben, und dann die offene Mündung des heißen Gefäßes in die Flüſſigkeit geſtellt, ſo kann die darin zurückbleibende Luft beym Abkühlen nicht mehr dem Drucke der äußern Luft das Gleichgewicht halten, und dieſe treibt nun das Waſſer in daſſelbe hinein. Aus der Vergleichung des übrig bleibenden Raums, den jetzt die abgekühlte Luft im Gefäße noch einnimmt, mit dem Inhalte des Gefäßes, läßt ſich der Grad der Verdünnung, den die Luft erlitten hatte, beſtimmen.

Schmelzen und Gefrieren.

§. 569. Die Wirkung des Wärmeſtoffes auf feſte Körper, wodurch ſie in den Zuſtand der tropfbaren Flüſſigkeit übergehen, heißt **Schmelzen** (Fuſio), und man ſagt von einem durch die Hitze tropfbar-flüſſig gemachten Körper: er **ſey im Fluſſe**, er ſchmelze er fließe.

§. 570. Aus dem, was oben (§. 123. 130.) von dem Unterſchiede zwiſchen feſten und tropfbar-flüſſigen Materien angeführt worden iſt, folgt, daß die Expanſivkraft des Wärmeſtoffes den Grund der Schmelzung enthalte und durch ſeinen Beytritt zur feſten Subſtanz das Verhältniß der urſprünglichen Grundkräfte derſelben abändere und die Repulſionskraft in Beziehung auf die Anziehungskraft der Theile vermehre.

§. 571. Die Flüſſigkeit aller liquiden Materien, die wir jetzt kennen, iſt abgeleitet und Folge des Einfluſſes des Wärmeſtoffes (§. 137.).

§. 572. Bey der Verſchiedenheit der Größe der Anziehungskraft der Theilchen der ſpecifiſch verſchiedenen Materien unter einander und zum Wärmeſtoffe, darf es uns nicht wundern, daß einige Materien eine größere, andere eine geringere Intenſität des Wärmeſtoffes zum Schmelzen erfordern, ja, daß es Materien geben kann, die bey allen uns jetzt bekannten Graden der niedrigſten Temperatur unſerer Atmoſphäre noch liquide ſind.

Streng-flüſſige und leicht-flüſſige Materien.

§. 573. Manche Gemiſche ſchmelzen leichter, als die einzelnen Materien, woraus ſie beſtehen.

Das Schnelloth der Klempner.

Das Roſe'ſche Metallgemiſch, aus 2 Th. Wismuth, 1 Th. Bley und 1 Th. Zinn, das ſchon im kochenden Waſſer flüſſig wird.

§. 574. Einige Körper können durch keine Hitze, die wir jetzt hervorzubringen im Stande ſind, in Fluß gebracht oder geſchmolzen werden. Man nennt ſie

feuer-

feuerfeſt. Sie ſind aber deswegen wohl nicht abſolut unſchmelzbar zu nennen; denn alle können doch wenigſtens durch Hülfe anderer, mit denen ſie ſich chemiſch vereinigen, im Feuer zum Schmelzen gebracht werden. Die letztern nennt man deswegen **Flüſſe, Schmelzungsmittel.**

Beyſpiele: Kalkerde und Thonerde ſind für ſich unſchmelzbar; ſie ſchmelzen aber, wenn ſie vermengt ſind, in der Glühehitze.

Vermittelſt eines angezündeten Gemenges aus drey Theilen gereinigtem trocknen Salpeter, zwey Theilen Schwefelblumen und zwey Theilen feinen Sägeſpänen, kann man eine kleine Silbermünze in einer Nußſchaale ſchmelzen, (Baumés ſchneller Fluß.)

§. 575. Von dem wahren Schmelzen iſt das Flüſſig-werden mancher Salzkryſtalle, z. B. des Alauns, Vitriols, in der Hitze zu unterſcheiden, das ſeinen Grund in den wäſſerigen Theilen derſelben hat, die in größerer Hitze das Salz auflöſen, ungeachtet ſie es in geringerer nicht können, und nach deren Verluſte das Salz in der Hitze auch wieder feſt wird.

§. 576. Wenn die geſchmolzenen Körper einer niedrigern Temperatur ausgeſetzt werden, als die iſt, wobey ſie zu ſchmelzen anfingen, ſo werden ſie wieder feſt. Man nennt dies das **Geſtehen** oder **Gefrieren** (Congelatio). Es iſt Folge des Austrittes des ihren Theilen adhärirenden Wärmeſtoffes, und es geſchieht ſchneller oder langſamer, theils nach der Verſchiedenheit der Differenz der Temperatur des geſchmolzenen Körpers und des umgebenden Mediums, theils nach der Leitungskraft des letztern für die Wärmetheilchen. Von der Kryſtalliſirung der Theile der Körper bey

dieſem

dieſem Geſtehen oder Gefrieren iſt oben (§. 142.) gehandelt worden.

§. 577. Nach der gegebenen Erklärung (§. 570.) vom Schmelzen müſſen alle Körper im Fluſſe ein größeres Volum haben, als im Zuſtande der Feſtigkeit. Die Erfahrung beſtätigt dies auch allerdings. Die Ausnahme, welche einige Materien, wie Eis, Roheiſen, Wismuth, Spiesglanz, Schwefel, zu machen ſcheinen, läßt ſich aus der Kryſtalliſirung ihrer Theile beym Geſtehen leicht erklären.

Dampfbildung.

§. 578. Eine andere und höchſt merkwürdige Veränderung der Form, welche ſehr viele, ſo wohl feſte, als flüſſige, Körper erfahren, wenn ſie der Wirkung des Wärmeſtoffes unterworfen werden, iſt die Verwandlung derſelben in elaſtiſche oder expanſibele Flüſſigkeit, nämlich in **Dampf** (Vapor).

§. 579. Wenn z. B. Waſſer in einem gläſernen Gefäße der Hitze ausgeſetzt wird und ſeine Temperatur endlich einen gewiſſen Grad erreicht hat, ſo ſehen wir, daß ſich eine Menge Bläschen allenthalben an der Wand des Gefäßes anſetzt, die ſich nach und nach ablöſen, emporſteigen und an der Oberfläche des Waſſers zerplatzen. Bey zunehmender Hitze des Waſſers nehmen dieſe Bläschen an Menge und Größe zu, ſo daß ſie bey ihrem Emporſteigen die Durchſichtigkeit des Waſſers endlich hindern. Zuletzt geräth die ganze Maſſe des Waſſers in

in Bewegung, wegen der Größe und Menge der Blaſen, und das Waſſer wallt nun auf, kocht oder ſiedet. Bis zu dieſem Sieden ſteigt die Temperatur des Waſſers, wie ein hineingeſtelltes Thermometer zeigt. So wie es aber zum Sieden in einem offenen Gefäße gekommen iſt, bleibt das Thermometer, wofern es nur den Boden oder die Wände des Gefäßes nicht berührt, in dem Waſſer auf dem erhaltenen Puncte unveränderlich. Die Blaſen, die im kochenden Waſſer aufſteigen, ſind der **Dampf des Waſſers**. Dieſer Dampf iſt vollkommen durchſichtig, wie die Luft, und bleibt auch beym Heraustreten aus dem Waſſer unſichtbar und elaſtiſch, ſo lange er die dazu nöthige Wärme hat oder nicht durch Zuſammendrückung vernichtet wird. So verwandelt ſich nun bey fortdauernder Hitze das Waſſer nach und nach ganz in Dampf, und wird als ſolcher fortgeführt.

§. 580. So ſind nun mehrere feſte und liquide Materien fähig, bey einem angemeſſenen Feuersgrade in eine elaſtiſch-flüſſige Materie, in Dampf, verwandelt zu werden. Der dazu nöthige Grad der Hitze iſt bey den verſchiedenen Stoffen gar ſehr verſchieden.

Naphtha und **Weingeiſt** ſieden bey geringerer Hitze, als Waſſer, dieſes bey geringerer, als **Queckſilber**. **Schwefel** verdampft früher als **Wismuth**, **Zink**, **Spießglanz**, **Arſenik**. Aber auch das ſonſt ſo feuerbeſtändige **Gold** und **Silber** können zur Verdampfung gebracht werden.

§. 581. Aber die Erfahrung lehrt auch: daß der Druck der atmoſphäriſchen Luft, die über der Fläche der kochenden Flüſſigkeit ſich befindet, den Grad der Hitze, bey dem eine und dieſelbe Flüſſigkeit ſiedet,

ſiedet, ſehr abändert; daß eine deſto größere Hitze dazu erfordert werde, je größer dieſer Druck der Luft ſey; und daß einerley Flüſſigkeit um ſo eher und bey deſto geringerer Hitze ſiede, je geringer der Druck der Luft darauf ſey. Hierauf gründet ſich eben die oben (§. 506.) angeführte Berichtigung des Siedepuncts am Thermometer. In hohen Gegenden der Atmoſphäre kocht daher das Waſſer bey einer niedrigern Temperatur, als in niedrigern Gegenden, und im leeren Raume der Luftpumpe bey ſehr mäßiger Temperatur.

Hr. de Luc beobachtete dies auf einer Reiſe über den Montcenis im J. 1762 in verſchiedenen Höhen und wiederhohlte dieſe Unterſuchungen im J. 1765 auf den Gebirgen in Faucigny. Ich theile hier Reſultate dieſer letztern Beobachtungen mit, wobey ich die Grade des bey 27 Z. Barometerſtand graduirten Thermometers auf ein ſolches gebracht habe, das bey 28 Z. beſtimmt worden wäre.

Barometerſtand.				Wärmegrade des kochenden Waſſers.
28 Z.	5 L.	2	Sechzehntel	80,30° R.
28 -	5 -	—	-	80,29 -
28 -	2 -	4	-	80,14 -
28 -	1 -	2	-	80,03 -
27 -	11 -	—	-	79,94 -
27 -	10 -	—	-	79,90 -
27 -	9 -	7	-	79,84 -
27 -	6 -	7	-	79,61 -
27 -	5 -	3	-	79,53 -
27 -	— -	5	-	79,22 -
26 -	8 -	14	-	78,93 -
26 -	4 -	15	-	78,83 -
26 -	3 -	15	-	78,73 -
25 -	11 -	7	-	78,42 -
24 -	10 -	9	-	77,44 -
24 -	5 -	15	-	77,04 -
24 -	1 -	1	-	76,70 -
23 -	8 -	2	-	76,43 -
23 -	4 -	6	-	76,14 -
22 -	11 -	14	-	75,80 -

Baro-

Barometerſtand.	Wärmegrade des kochenden Waſſers
21 Z. 10 L. 7 bis 2 Sechz.	74,74 R.
20 - 4 - 15 Sechzehntel	73,21 -
29 - 7 - 15 -	72,50 -

de Luc Unterſ. über die Atmoſph. Th. II. §. 857. ff.

Bey meinen unter dem Recipienten der Luftpumpe angeſtellten Verſuchen fand ich folgende Reſultate:

Barometerſtand.	Siedegrade des Waſſers.
14 Z. 6,5 L.	67° R.
8 - — -	56 bis 57 R.
7 - 8,5 -	55,5 R.
7 - — -	54 -
6 - 1 -	51,5 -
5 - 5,5 -	50,5 -
5 - 3 -	49 -
5 - 2 -	48,5 -
4 - 10 -	47 bis 47,5 R.
4 - 4 -	45,5 R.
3 - 11 -	44 -
3 - 9 -	43 -
3 - 5 -	42 -
3 - 2 -	41,25 R.
3 - 1 -	40 -
2 - 11 -	39 bis 39,5 R.
2 - 9 -	38 R.
2 - 3 -	35 -
2 - 1 -	33,75 R.
1 - 11 -	32 -
1 - 9 -	31 -
1 - 6 -	29,5 -

Grens unten (§. 588.) angef. Abh.

§. 582. Der Grund von dieſem veränderlichen Siedegrade des Waſſers und anderer tropfbarer Flüſſigkeiten iſt folgender. Die Dämpfe haben keine Permanenz ihrer elaſtiſchen Flüſſigkeit, als bey einem beſtimmten Grade der Wärme unter einem beſtimmten Drucke (§. 136.). Sollen ſie alſo als elaſtiſches Fluidum in der Luft oder unter ihrem Drucke beſtehen,

ſo

ſo müßten ſie einen ihr gleichen Grad der Elaſticität beſitzen, und dieſen erlangen ſie nur durch einen beſtimmten Grad der Wärme. Sie können ſich alſo auch im Innern des Waſſers, auf deſſen Fläche die Luft drückt, nicht eher bilden, oder das Waſſer kann nicht eher ſieden, bis ſie durch die gehörige Hitze denjenigen Grad der Elaſticität erreichen, welcher der Elaſticität der Luft das Gleichgewicht hält. Je weniger die Luft darauf drückt, deſto geringer braucht die Elaſticität der Dämpfe zu ſeyn, um dem Drucke der Luft das Gleichgewicht zu halten, folglich bedürfen ſie auch eines deſto geringern Grades der Wärme, um ſich bilden zu können. — Ohne den Druck einer Atmoſphäre würden wir gar kein liquides Waſſer, kein Naphtha und keinen Alcohol kennen; denn ſie würden dann bey den Temperaturen, wobey wir leben, elaſtiſche Flüſſigkeiten ſeyn (138.).

§. 583. So lange die Dämpfe als elaſtiſches Fluidum beſtehen, befolgen ſie auch dieſelbigen Geſetze des Drucks und des Gleichgewichts ſchwerer expanſibeler Flüſſigkeiten; und es gilt daher in dieſem Zuſtande alles das von ihnen, was hiervon oben von der Luft (§. 370.) angeführt worden iſt.

§. 584. Die abſolute Elaſticität der Dämpfe läßt ſich eben ſo, wie die der Luft, durch die Höhe einer Queckſilberſäule meſſen, die in einer Barometerröhre damit im Gleichgewichte iſt.

Die Beſchreibung eines Elaterometers für Dämpfe habe ich in der unten (§. 588.) angef. Abhandl. mitgetheilt.

§. 585.

§. 585. Die abſolute Elaſticität der in Gefäßen eingeſchloſſenen Dämpfe nimmt, wie die der eingeſchloſſenen Luft, durch die Wärme zu. Beobachtungen über das Wachsthum der abſoluten Elaſticität der eingeſchloſſenen Dämpfe des Waſſers durch eine beſtimmte Anzahl von Wärmegraden haben wir vom Hrn. **von Betancourt** erhalten.

Wärmegrade der Dämpfe des Waſſers.	Abſolute Elaſticität der Waſſerdämpfe.
10° R.	0,15 Z. Barometerſt.
20 -	0,65 - -
30 -	1,52 - -
40 -	2,92 - -
50 -	5,35 - -
60 -	9,95 - -
67 -	14,50 - -
70 -	16,90 - -
80 -	28,00 - -
90 -	46,40 - -
95 -	57,80 - -
100 -	71,80 - -
104 -	84,00 - -
110 -	98,00 - -

Mémoire ſur la force expanſive de la vapeur de l'eau, par Mr. *de Betancourt*. à Paris 1792. 4.

Frühere, obgleich nicht ſo vollſtändige, Verſuche hierüber hat Hr. D. Ziegler angeſtellt. (Specimen phyſico-chemicum de Digeſtore Papini, eius ſtructura, effectu et uſu, primitias experimentorum novorum circa fluidorum a calore rarefactionem et vaporum elaſticitatem exhibens. Aut. *Io. Henr. Ziegler*. Baſil. 1769. 4.).

§. 586. Die Gewalt, welche eingeſchloſſene Dämpfe durch die Erhitzung gegen die Hinderniſſe ihrer Expanſion auszuüben im Stande ſind, iſt bewundernswürdig groß, und die Kraft des im eingeſchloſſenen Raume bis zum Glühen erhitzten Waſſers und ſeiner Dämpfe kann gar keiner Berechnung unterwor-

terworfen werden, weil es uns an Mitteln mangelt, den überaus großen Grad der Elaſticität dieſer Dämpfe zu meſſen, der wohl hinreichend iſt, den bewundernswürdig großen Effect der Vulkane und der Erderſchütterungen daraus abzuleiten.

Geſetzt, es iſt Waſſer in einem Gefäße eingeſchloſſen, und es würde darin mit ſeinen Dämpfen bis 110° R., alſo nur 20 Grad über den gewöhnlichen Siedepunct, erhitzt, ſo iſt nach der vorigen Tabelle die Elaſticität dieſer Dämpfe ſchon ſo groß, um einer Queckſilberſäule von 98 Z. Höhe das Gleichgewicht zu halten; oder gegen jeden Quadratfuß (pariſ.) Fläche der Wände des Gefäßes mit einer Kraft zu drücken, die dem ſenkrechten Drucke eines Gewichtes von 7758½ Pf. (pariſ.) gleich iſt.

§. 587. Weil die Elaſticität der eingeſchloſſenen Luft (§. 563.) und Dämpfe durch die Hitze zunimmt, ſo müſſen ſie auch in genau verſchloſſenen Gefäßen auf das Waſſer, das mit eingeſchloſſen iſt, immer mehr reagiren und drücken, je ſtärker ſie erhitzt werden; und folglich wird auch die Hitze dieſes Waſſers, ehe es ſiedet, den gewöhnlichen Siedepunct überſteigen (§. 581.) und wachſen, und ſie würde, wenn die Gefäße es aushielten, ſelbſt bis zum Glühegrade zunehmen können.

§. 588. Beyſpiele von der Elaſticität der Dämpfe und ihren Wirkungen geben:

1) Die **Windkugel** oder **Dampfkugel** (Aeolipila).

Wolfs nützl. Verſ. zu genauer Erkenntn. der Nat. und Kunſt, Th. I. Kap. 7.

2) Die **Knallkügelchen.**

3) Der **papinianiſche Topf** (Digeſtor *Papini*).

La

La manière d' amolir les os, ou de faire cuire toutes ſortes de viandes en fort peu de tems, par Mr. *Papin.* à Amſterd. 1681. 8. Verſuch einer neuen Vorrichtung von Papins Digeſtor, von Wilke; in den ſchwed. Abhandl. B. XXXV. S. 3., und in Crells neueſten Entd. Th. I. S. 88. ff.

4) Watt's Dampf- oder Feuermaſchine.

Beſchreibung der weſentlichen Einrichtung der neuern Dampf- oder Feuermaſchinen, nebſt einer Geſchichte dieſer Erfindung und Bemerkungen über die abſolute Elaſticität der Waſſerdämpfe, von F. A. C. Gren; im neuen Journ. d. Phyſ. B. I. S. 62. ff., u. S. 144. ff.

§. 589. Die abſolute Elaſticität der Dämpfe einer kochenden Flüſſigkeit in irgend einem Siedegrade iſt, ſo lange die Dämpfe dieſen Grad der Hitze behalten, der abſoluten Elaſticität der Luft gleich, die auf die Fläche der ſiedenden Flüſſigkeit drückt. Dieſer Satz folgt aus §. 582. und die Erfahrung beſtätigt ihn.

Gren a. a. O. S. 183. 187.

§. 590. Aus dem gleichzeitig beobachteten Barometerſtande können wir alſo die abſolute Elaſticität der Dämpfe einer in offenen Gefäßen ſiedenden Flüſſigkeit finden.

Reiner Alcohol kocht bey 64° R. unter einem Barometerſtande von 28 Zoll; alſo haben die Dämpfe des ſiedenden Alcohols bey 64° eine eben ſo große abſolute Elaſticität, als die des Waſſers bey 80°: und wenn ferner die Dämpfe des Alcohols und die des Waſſers eine gleiche Temperatur haben, ſo haben ſie eine ungleiche Elaſticität; die vom Alcohol haben eine größere, als die vom Waſſer

§. 591. Wir müſſen in den Dämpfen, als zuſammengeſetzten Körperarten, die Baſis, oder den Stoff, der an ſich nicht expanſibel iſt, wie im Waſſerdampfe das Waſſer, unterſcheiden, und das urſprüng-

ſprünglich **expanſive Weſen**, nämlich den Wärmeſtoff, oder nach Hrn. **de Luc** das **fortleitende Flüſſige** (Fluidum deferens), durch welches jene Baſis zur expanſibelen Flüſſigkeit wird (§. 135.), und durch deſſen Entziehung ſie aufhört, elaſtiſch-flüſſig zu ſeyn. Durch die Cohärenz des Wärmeſtoffes mit der Baſis des Dampfes verliert jener ſeine wärme-erzeugende Kraft, oder wird latent (§. 125.), wie die nähere Betrachtung dieſes Umſtandes in der Folge lehren wird; und eben hieraus iſt die Fixität des Siedepunctes beym bleibenden Drucke der Atmoſphäre zu erklären.

§. 592. Wenn die Dampfblaſen, die aus dem kochenden Waſſer hervortreten (§. 579.), die kühlere atmoſphäriſche Luft berühren, ſo werden ſie durch die Erniedrigung ihrer Temperatur zum Theile zerſetzt, ein größerer oder geringerer Antheil ihrer Baſis ſcheidet ſich ab und bildet einen ſichtbaren **Nebel** oder **Rauch**. Mit Unrecht nennt man denſelben noch einen Dampf, da er gar nichts mit der Natur des Dampfes gemein hat. Er beſitzt keine Elaſticität mehr und iſt nichts, als die Baſis des Dampfes, die ihres expanſiven Stoffes beraubt iſt. Sie ſchwimmt vermöge ihrer höchſt feinen Zertheilung und ihrer Adhäſion in der Atmoſphäre und folgt ihrem Zuge, bis ſie durch mehrere Aneinandernäherung ihrer Theilchen zum concreten tropfbar-flüſſigen oder feſten Stoffe zuſammentritt und ſich niederſchlägt, oder ſich durch neues Hinzukommen von Wärmeſtoff wiederum in elaſtiſche und unſichtbare Flüſſigkeit verwandelt. **Wolken**

ſind

ſind daher nicht Waſſerdünſte, die in der Luft ſchwimmen, ſondern das höchſt fein zertheilte Waſſer, welches aus dem Elaſtiſch-Flüſſigen, das es vorher bildete, bey der Zerſetzung deſſelben niedergeſchlagen worden und noch nicht zum zuſammenhängenden Tropfbar-Flüſſigen zuſammengetreten iſt. Hr. **von Sauſſure** ſchreibt dieſem Nebel eine Bläschengeſtalt zu.

Verſuch über die Hygrometrie, durch Horaz Bened de Sauſſure, a. d. Franz. von J. D. T. Leipz. 1784. 8. S. 239.

§. 593. Je niedriger die Temperatur des Dampfes wird, um deſto mehr wird von demſelben zerſetzt; und umgekehrt. Durch Subſtanzen von einer niedrigern Temperatur wird nämlich der Baſis des Dampfes ſo lange Wärmeſtoff entzogen, bis in jenen eine gleiche Temperatur eingetreten iſt: es kann alſo nicht mehr die ganze vorige Quantität der Baſis in dem Raume des Dampfes dampfförmig bleiben; es ſcheidet ſich alſo ein Antheil der Baſis als Nebel ab. Es ändert ſich folglich mit der Temperatur das Verhältniß der Baſis des Dampfes zum Raume deſſelben, und dies iſt es, worauf man eigentlich den Ausdruck: **Maximum der Verdampfung**, beziehen ſollte. Im eingeſchloſſenen Raume muß dieſemnach die Dichtigkeit des Dampfes deſto größer werden, je höher die Temperatur wird, vorausgeſetzt, daß verdampfende Subſtanz genug da iſt.

§. 594. Hieraus iſt nun begreiflich, wie in allen bekannten Temperaturen der Luft Waſſerdampf beſtehen könne. Nur iſt bey gleichem Drucke der Luft das Verhältniß der Baſis zum Raume des Dampfes,

oder das Maximum der Verdampfung (§. 593.), um deſto kleiner, je niedriger die Temperatur der Luft iſt.

§. 595. Allerdings können Dämpfe auch dadurch zerſetzt werden, daß ſie mit Materien in Berührung kommen, welche die Baſis des Dampfes ſtärker anziehen, als ſie vom Wärmeſtoffe angezogen wird.

§. 596. Ein drittes Mittel zur Zerſetzung des Dampfes iſt ſeine Zuſammendrückung. Seine Maſſe kann nicht, wie die der Luft, bey bleibender Temperatur in einen engern Raum gebracht werden, ohne daß nicht ein Antheil des Dampfes zerſetzt würde, um bey bleibender Temperatur das Maximum der Verdampfung (§. 593.) zu erhalten. Dieſes Maximum der Verdampfung würde überſchritten werden müſſen, wenn bey bleibender Temperatur ſein Raum verengert werden ſollte. Bey gleicher Temperatur kann alſo die Dichtigkeit des Dampfes nicht vermehrt werden. Bey größerm Drucke der Atmoſphäre iſt deshalb eine größere Menge des latenten Wärmeſtoffes zur Bildung des Dampfes aus einerley Quantität der Baſis deſſelben nöthig, als bey einem geringern Drucke. Was hier von dem Drucke der Atmoſphäre geſagt iſt, gilt auch von dem Drucke des Dampfes durch ſeine Elaſticität in verſchloſſenen Gefäßen gegen ſich ſelbſt.

Aus dem Angeführten erklärt ſich die Entſtehung des Nebels unter dem Recipienten der Luftpumpe, wenn man wieder Luft hinzuläßt, nachdem vorher in der verdünnten Luft Verdampfung vorgegangen war.

§. 597. Die Luft trägt zur Erzeugung der Dämpfe nichts bey. Sie iſt vielmehr durch ihren Druck der

der Dampfbildung hinderlich, und es bedarf deshalb, ohne den Druck der Atmoſphäre, weit weniger abſoluter Quantität von Wärmeſtoff, um eine und dieſelbige Quantität von Baſis dampfförmig zu machen, als bey ihrem Drucke (§. 581.).

§. 598. Ueberhaupt bedarf es gar nicht der **Auflöſung des Waſſers in der Luft**, um ſich die Phänomene der Verdampfung des Waſſers zu erklären, und darauf einen Unterſchied zwiſchen wirklicher **Verdampfung** (Evaporatio) und **Ausdünſtung** (Exhalatio) zu begründen. Jede Ausdünſtung iſt vielmehr eine wahre Verdampfung, die bey einer niedrigern Temperatur der Luft nur deswegen langſamer und in geringerer Menge Statt findet, weil dann eine geringere Quantität des Wärmeſtoffes zugegen iſt, der durch ſeine Cohärenz mit der Baſis dieſe dampfförmig machen muß. Bey der Ausdünſtung geſchieht die Verdampfung nur an der Oberfläche, beym Sieden auch im Innern der Flüſſigkeit. Die Gründe für die Auflöſung des Waſſers in der Luft und die dadurch bewirkte Ausdünſtung hat Hr. **de Luc** umſtändlich und gründlich widerlegt. Ich werde in der Folge beym Waſſer auf dieſen Gegenſtand wieder zurückkommen.

de Luc nouvelles idées ſur la météorologie, T. I. II. à Londres 1786. 8. J. A. de Luc neue Ideen über die Meteorologie, a. d. Franz Th. I. II. Berlin u. Stettin 1787. 1788. 8. Zweyter Brief des Hrn. de Luc an Hrn. de la Metherie, über die Wärme, das Schmelzen und die Verdunſtung; in Grens Journ. d. Phyſ. B. II. S. 402. Dritter Brief des Hrn. de Luc, über die Dämpfe, die luftförmigen Flüſſigkeiten und die atmoſphäriſche Luft; ebendaſelbſt Th. III. S. 132. Ebendeſſelben Prüfung einer Abhandlung des Hrn. Monge über die Urſach der hauptſächlichſten Phänomene der Meteorologie; in Grens Journ. d. Phyſ. B. VI. S. 121.

Zu den hauptſächlichſten Vertheidigern der Auflöſung des Waſſers in der Luft, als Urſach der Ausdünſtung, gehören: Hr. Le Roi (Mémoire ſur l'élévation et la ſuspenſion de l'eau dans l'air; in den *Mémoires de l'acad. roy. des ſc. de Paris*, 1751. S. 481.), und Hr. Hube (über die Ausdünſtung und ihre Wirkungen in der Atmoſphäre, Leipz. 1790. 8.).

§. 599. Auf die Zerſetzung der Dämpfe durch Abkühlung oder Erniedrigung ihrer Temperatur gründet ſich übrigens:

1) Die Operation des **Deſtillirens** (Deſtillatio) und des **Sublimirens** in der Chemie;

2) **Wilkens** und **Berretray's Luftpumpen** durch Waſſerdämpfe.

Wilke, in den ſchwediſchen Abhandl. 1769. B. XXXI. S. 31. ff. Beſchreibung von des Hrn. Abbé Cajet. Berretray Luftpumpe; in Grens Journ. d. Phyſ. B. VI. S. 86. ff.

§. 600. Eine Subſtanz dem Einfluſſe des Wärmeſtoffes ausſetzen, um ſie in expanſibele Flüſſigkeit überhaupt, es ſey in Dampf oder in Gas, zu verwandeln, heißt ſie **verflüchtigen**. Materien, die ſich durch die Hitze in expanſibele Flüſſigkeiten verwandeln laſſen, nennt man **flüchtig** (Corpora volatilia), und ſetzt ihnen die **feuerbeſtändigen** (Corpora fixa) entgegen, welche der Verflüchtigung im Feuer widerſtehen. Dieſe Ausdrücke ſind indeſſen nur relativ, und vielleicht iſt keine Materie abſolut feuerbeſtändig zu nennen. Viele Stoffe, die in unſerer ſtärkſten Hitze feuerbeſtändig erſcheinen, können durch Hülfe anderer flüchtiger Subſtanzen, mit denen ſie ſich chemiſch verbinden, flüchtig werden. Man nennt dies eine **Mitverflüchtigung**.

Beyſpiele der Mitverflüchtigung giebt die Kieſelerde mit Flußſäure; des Eiſens durch ſalzichte Säure; des Kupfers durch eben dieſelbige; der Kohle durch Sauerſtoff.

Gas=

Gasbildung.

§. 601. Mehrere Materien werden durch den Wärmeſtoff in elaſtiſche Flüſſigkeiten, die nicht, wie die Dämpfe, durch Erniedrigung der Temperatur oder durch Zuſammenpreſſung ihre elaſtiſche Form verlieren, alſo in Luft oder Gas (§. 136.) verwandelt, wovon in der Folge mehrere Beyſpiele vorkommen werden.

§. 602. Dieſe Gasarten beſtehen auch, wie die Dämpfe, aus einer Baſis, die ihren ponderabeln Antheil ausmacht, und aus dem Wärmeſtoffe, der jene elaſtiſch-flüſſig macht. Die Urſach ihres Unterſchiedes von den Dämpfen liegt in der Art und Weiſe der Verbindung beyder Beſtandtheile, die bey den Gasarten ſich wechſelſeitig aufgelöſ't haben, bey den Dämpfen hingegen nur zuſammenhängen.

§. 603. Daß der Wärmeſtoff die Urſach von der Bildung der Gasarten und ihrer elaſtiſchen Form ſey, erhellet daraus: daß zur Bildung eines jeden Gas Wärmeſtoff nöthig iſt; daß durch die Zerſetzung eines Gas Wärmeſtoff entwickelt wird; und daß die Baſis des zerſetzten Gas ſo viel wiegt, als das Gas ſelbſt.

§. 604. Alle Materien, welche luftförmig werden können, werden es ſchon in jeder Temperatur, die wir kennen, ſo bald ſie von andern Materien getrennt werden, mit denen ſie vorher verbunden waren. Deshalb können wir eigentlich die Grundlage keiner einzigen Gasart für ſich, darſtellen, ſondern wir kennen ſie nur entweder in Verbindung mit dem Wärmeſtoffe als Gas oder in Verbindung mit andern

Mate-

Materien, mit denen ſie im liquiden oder feſten Zuſtande ſind.

§. 605. Alle Gasarten werden nur dadurch zerſetzt, daß andere Materien ihre Grundlage ſtärker anziehen, als dieſe vom Wärmeſtoffe angezogen wird; nicht umgekehrt, durch Entziehung ihres Wärmeſtoffes vermittelſt anderer Materien, ſonſt würde die Grundlage der Gasarten für ſich darſtellbar ſeyn.

§. 606. Man erhält dieſe luftförmigen Stoffe auf eine mannigfaltige Weiſe aus ſehr verſchiedenen Subſtanzen, theils bey Auflöſungen, — und das Aufbrauſen (Effervescentia), das man bey manchen Auflöſungen gewahr wird (§. 190.), rührt eben von der ſchnellen Entwickelung luftförmiger Stoffe her; — theils bey der Zerſetzung derſelben durch Feuer, Gährung oder Fäulniß.

§. 607. Alle dieſe Gasarten ſind in den feſten oder liquiden Körpern, aus denen man ſie erhält, vorher nicht als elaſtiſche, aber comprimirte, Flüſſigkeit zugegen geweſen; ſondern ihre Grundlage war nur darin, die aber bey ihrer Trennung ſogleich durch Verbindung mit dem Wärmeſtoffe gasförmig wird.

§. 608. Die ſo wichtigen und intereſſanten Entdeckungen dieſer Luftarten haben eigene Werkzeuge nöthig gemacht, um ſie bey der Zerlegung der Körper durch Auflöſung oder Feuer, wobey ſie zum Vorſcheine kommen, bequem aufzufangen und ohne Vermiſchung mit atmoſphäriſcher Luft zu erhalten. Man begreift dieſe Werkzeuge unter dem Namen des pneu-

matiſch-

matiſch-chemiſchen Apparats (Apparatus pneumato-chemicus).

§. 609. Jede luftförmige Flüſſigkeit iſt ſtets ſpecifiſch leichter, als irgend eine tropfbare Flüſſigkeit, und ſteigt in dieſer aufwärts. Hierauf gründet ſich das Weſentlichſte beym pneumatiſch-chemiſchen Apparate. Das erſte Stück iſt eine ovale **Wanne** von Holz oder verzinntem Kupfer, worin einige Zoll unter dem Rande ein Geſimſe waagerecht angebracht iſt. In dieſem Geſimſe befinden ſich einige kurzhälſige Trichter neben einander, ſo daß ihre weitere Mündung dem Boden der Wanne zugekehrt iſt. Die Wanne wird ſo weit mit Waſſer angefüllt, daß daſſelbe das Geſimſe ungefähr einige Zoll hoch bedeckt. Das Geſimſe ſelbſt dient nun dazu, daß die mit Waſſer gefüllten umgekehrten Gläſer und Vorlagen mit ihren Mündungen auf die Löcher geſtellt werden können, durch welche vermittelſt der Trichter die Luftblaſen in dieſe Vorlagen geleitet werden ſollen.

§. 610. Da aber einige Luftarten bey der Berührung des Waſſers davon zerſetzt werden, ihren luftförmigen Zuſtand verlieren und damit zur tropfbaren Flüſſigkeit werden; ſo iſt dieſe Vorrichtung (§. 609.) nicht anwendbar, und man muß daher das Queckſilber zum Sperren anwenden. Der Preis und die Schwere des Queckſilbers machen freylich, daß man dieſen **Queckſilberapparat** kleiner machen muß, deſſen Einrichtung aber im Grunde dem vorigen ähnlich iſt. Zur Wanne dient entweder recht dicht zuſammengefugtes Holz oder Eiſenblech.

Grens Beſchreibung eines Queckſilberapparats, im Journ. der Phyſ. B. I. S. 201.

§. 611. Zur Entbindung der Gasarten ſelbſt, die man durch Deſtillation oder Auflöſung gewiſſer Stoffe erhält, dienen allerley Retorten, gläſerne oder irdene, die man mit den zu zerlegenden Stoffen ins Sandbad, oder beſchlagen in freyes Feuer legt. An die Mündung der Retorte küttet man nach Beſchaffenheit der Umſtände eine blecherne oder gläſerne Röhre, deren untere Oeffnung unter den Trichter der mit Waſſer oder Queckſilber gefüllten Wanne geſteckt wird. Wenn ſich dabey zugleich ſolche Dämpfe erheben, die das Metall angreifen würden, ſo dienen gläſerne Tubulatretoren mit einem am untern Ende nach oben gekrümmten langen Halſe. Um die dabey zu gleicher Zeit in Dampfgeſtalt übergehenden Subſtanzen als tropfbare Flüſſigkeit durch Abkühlung beſonders aufzufangen, dient eine ſo genannte **Mittelflaſche** und der ſinnreiche Deſtillirapparat des Hrn. **Lavoiſier.** Zur Entwickelung luftförmiger Stoffe bey den Auflöſungen, die keine äußere Hitze erfordern, wird beſonders die **Entbindungsflaſche** gebraucht. Zu Vorlagen, in welche die durch das Waſſer oder Queckſilber gehenden Gasarten treten, dienen gläſerne Cylinder mit eingeriebenen Stöpſeln oder ohne dergleichen, oder Glasflaſchen. Um einige Gasarten, die ſich nur langſam in dem Waſſer auflöſen laſſen, bequem damit in Verbindung zu bringen, iſt vorzüglich die **Parkerſche Glasgeräthſchaft** anwendbar.

Die bey der Entbindung und Auffammlung dieſer Luftarten nothwendigen Handgriffe werden in den Vorleſungen ſelbſt gezeigt.

Grens

Grens ſyſtem. Handb. der Chemie, zweyte Ausg. Th. I. §. 157. ff. Beſchreibung eines Glasgeräthes von J. H. Magellan, a. d. Engl. von G. T. Wenzel. Dresden 1780. 8. *Lavoiſier* Traité élémentaire de chimie. T. II. S. 451. ff.

Fixirter Wärmeſtoff.

§. 612. Es ſey eine Maſſe geſtoßenes Eis oder Schnee in einem Gefäße ſo weit erkaltet, daß ein hineingeſtelltes Thermometer 10 Gr. Fahrenh. zeige. Man bringe das Gefäß in ein geheiztes Zimmer, ſo daß die kalte Maſſe nun einem beſtändigen gleichförmigen Wärmeſtrome ausgeſetzt ſey. Das Thermometer darin wird nun bis 32 Gr. ſteigen, aber hier ſtill ſtehen, wenn auch gleich der Wärmeſtrom, der dem Eiſe zufließt, der nämliche bleibt. Die Temperatur des Eiſes ſteigt nun nicht höher, ſo viel Wärmetheilchen ihm auch zugeführt werden; aber es ſchmilzt nach und nach, und erſt dann, wenn dies geſchehen iſt, ſteigt das Thermometer allmählig höher. Erhitzt man das nunmehr tropfbar-flüſſige Waſſer in dem Gefäße über dem Feuer noch ſtärker, ſo gelangt das Thermometer endlich an den Siedepunct, wenn das Waſſer zum Kochen gekommen iſt; aber nun tritt wieder der Stillſtand deſſelben ein, und es ſteigt nicht höher, der dem Waſſer zugeführte Wärmeſtrom mag noch ſo groß ſeyn, ſo lange nur das Waſſer das Thermometer umgiebt. — Oder man vermiſche ein Pfund Schnee, deſſen Temperatur 32 Gr. F. iſt, mit einem Pfunde Waſſer von 120 Gr. Nach der Richmannſchen Regel (§. 547.) ſollte die Temperatur des Gemiſches 76 Gr. werden; ſie bleibt aber 32 Gr. und ein Theil Schnee wird geſchmolzen. Man vermenge ferner

ferner 8 Theile Eiſenfeil von 300° F. mit einem Th. Waſſer von 212°; die Temperatur des Gemenges wird nicht 290$\frac{2}{9}$° werden, ſondern 212° bleiben, und ein Theil Waſſer wird plötzlich verdampfen.

§. 613. Der auf das Eis wirkende Wärmeſtrom erhöhet alſo die Temperatur des Eiſes eben ſo wenig über den Gefrierpunct, als der auf das tropfbar-flüſſige Waſſer wirkende es über den Siedepunct erhitzen kann. Die Wirkung der Wärmetheilchen auf das Eis ſchränkt ſich alſo darauf ein, die Form oder den Aggregatzuſtand des **Eiſes** zu verändern und daſſelbe in **tropfbar-flüſſiges** Waſſer zu verwandeln, ſo wie die Wirkung derſelben auf das tropfbar-flüſſige Waſſer bey der Siedhitze ebenfalls ſich darauf einſchränkt, es in **Dampf** zu verwandeln. So lange dieſe Verwandlung dauert, bleibt das Thermometer im erſtern Falle auf dem Gefrierpuncte, im andern auf dem Siedepuncte unverändert ſtehen.

§. 614. Da die dem ſchmelzenden Eiſe oder dem ſiedenden Waſſer mitgetheilte Wärmematerie alſo keine höhere Temperatur, keine vermehrte Wirkung auf unſer Gefühl oder aufs Thermometer darin hervorbringt, ſondern ihre thermometriſche und erwärmende Kraft dadurch ganz verliert, daß ſie das feſte Waſſer in tropfbar-flüſſiges, oder dieſes in Dampf verwandelt; ſo nennt man ſie deswegen **unmerkbaren, verborgenen, fixirten Wärmeſtoff** (§. 521.). Die Quantität der Wärmetheilchen nämlich, die zur Aenderung des Aggregatzuſtandes des feſten Waſſers in liquides, oder des liquiden in dampfförmiges verwendet wer-

den

den muß, muß für das Thermometer und das Gefühl verloren gehen, und in der That kommt ſie auch wieder als freye Wärmematerie zum Vorſcheine, wenn der Dampf des Waſſers zum tropfbar=flüſſigen Waſſer durch Zuſammendrückung, oder das flüſſige Waſſer plötzlich zum Gefrieren gebracht wird, wie dies die Folge lehren wird. Jene Veränderungen der Form der Materie können nicht erfolgen, ohne daß nicht durch die Anziehungskräfte zwiſchen dem Wärmeſtoffe und andern Materien das Verhältniß der wechſelſeitigen Repulſions= und Anziehungskräfte abgeändert würde und der Wärmeſtoff ſeine ſo genannte Strahlung verliert und gewiſſer Maßen gefeſſelt wird.

§. 615. Man muß aber den fixirten Wärmeſtoff in doppelter Hinſicht unterſcheiden: als **adhärirenden** und als **chemiſch=gebundenen.** Die erſtere Art der Fixirung findet bey der Schmelzung feſter Materien, und dann bey der Verwandlung in Dampf Statt; die letztere hingegen bey der Gasbildung. Den erſtern iſt jeder Körper von einer niedrigern Temperatur zu entziehen vermögend; den letztern hingegen nicht.

§. 616. Iſt auch der Wärmeſtoff, der bloß die Dilatation der thermoſkopiſchen Subſtanz bewirkt, unmerkbar oder fixirt zu nennen, und noch vom freyen Wärmeſtoffe zu unterſcheiden? Oder iſt zwiſchen dem ſo genannten ſtrahlenden Wärmeſtoffe und dem durch andere Materien fortgepflanzten (*Feu propagé* des **Pictet**, oder *Feu géné* des **Prevoſt**) noch zu unterſcheiden? Mir ſcheint dieſer Unterſchied nicht zuläſſig, eben weil wir den Wärmeſtoff nur frey nennen, der

auf

auf die thermoſkopiſche Subſtanz durch Dilatation wirkt. Wenn ſich ferner der Wärmeſtoff nur durch die Anziehungskräfte anderer Materien gegen ihn, nicht durch eigenthümliche Repulſionskraft, fortpflanzte und verbreitete; ſo würde die torricelliſche Leere wärmeleer oder abſolut kalt ſeyn müſſen, und durch ſie hindurch würde ein Körper nicht erhitzt werden können, wogegen doch die Erfahrungen ſtreiten. Auch die torricelliſche Leere iſt kein eigentliches Vacuum, ſondern ſtets mit dichterm oder dünnerm Wärmeſtoffe erfüllt, nach Verhältniß der Temperatur der umgebenden Mittel.

§. 617. Der Wärmeſtoff, der bey der Bildung liquider und elaſtiſch-flüſſiger Materien figirt wird, muß natürlicher Weiſe wieder als freyer oder ſenſibeler Wärmeſtoff zum Vorſcheine kommen und Temperaturerhöhung hervorbringen, wenn elaſtiſch-flüſſige Körper wieder zu tropfbar-flüſſigen oder feſten, oder tropfbar-flüſſige wieder zu feſten werden; ſo wie hinwiederum Temperaturerniedrigung oder Kälte entſtehen muß, wenn feſte Körper bey ihrem Schmelzen, oder feſte und liquide bey ihrem Uebergange zu elaſtiſch-flüſſigen Materien den berührenden Stoffen den dazu nöthigen Wärmeſtoff entziehen. Es laſſen ſich hierüber folgende Geſetze feſtſetzen.

Grens Ueberſicht der Geſetze, nach welchen ſich die Capacität der Körper gegen den Wärmeſtoff bey Veränderung der Form ihrer Aggregation richtet, und welche zur Erklärung vieler hierher gehörigen Phänomene dienen können; im Journ. der Phyſik, B. II. S. 24. ff.

§. 618. I. **Der freye Wärmeſtoff wird zum unmerkbaren in Körpern, die aus dem Zuſtande der**

der Feſtigkeit in den der tropfbaren Flüſſigkeit übergehen.

§. 619. Hieraus erklärt ſich:

1) Die Firität des Gefrierpunctes im ſchmelzenden Schnee oder Eiſe (§. 612.)

de Luc Unterſ. über die Atmoſph. Th. I. §. 438 e — g; deſſelben neue Ideen über die Meteorologie, §. 179.

2) Der Verſuch des Hrn. Wilke mit Schnee und warmen Waſſer (§. 612.). Ein Pf. Schnee von 32 Gr. F. mit 1 Pf. heißen Waſſers von 162 Gr. F. giebt eine Temperatur von 32 Gr. Der Schnee wird völlig geſchmolzen. Wenn das Waſſer über 162 Gr. heiß iſt, ſo vertheilt ſich bloß der Ueberſchuß über 162 Gr. gleichförmig unter das entſtandene Waſſer. Die Menge der vom Schnee verſchluckten Wärme iſt alſo 130 Gr.; nach Hrn. Black 140 Gr.

Wilke, in den ſchwed. Abhandl. J. 1772. B. XXXIV. S. 93; und in den neuen ſchwed. Abh. J. 1782 Th. II. Crawford Verſ. und Beob. S. 56. ff. de Luc neue Ideen über die Met. §. 211.

§. 620. 3) Die Erkältung bey der Auflöſung kryſtalliniſcher Salze in Waſſer oder andern tropfbaren Flüſſigkeiten. Man bringe ein Luftthermometer ohne Geſtell in ein Glas mit Waſſer, ertheile ihm die Temperatur des Waſſers und merke den Stand deſſelben. Man ſchütte dann von fein gepulvertem Salmiak oder Salpeter hinzu und rühre alles mit einer Glasröhre wohl um. So wie die Auflöſung des Salzes anhebt, fängt auch gleich das Thermometer zu ſinken an, und ſinkt um deſto ſchneller, je ſchneller

ler das Salz aufgelöſ't wird. — Noch ſtärker wird die Erkältung, wenn man fein gepulvertes kryſtalliniſches Glauberſalz in Salpeterſäure auflöſ't.

Nach den neuern Verſuchen von Walker zeigten ſich folgende Miſchungen ſehr wirkſam zur Hervorbringung künſtlicher Kälte. Die Temperatur der Materialien war 50° Fahr.

Salze.	Flüſſigkeiten.	Hervorgebrachte Temperatur.
Salmiak 5 Th. + Salpeter 5 Th.	Waſſer 16 Th.	+ 10° Fahr.
Salmiak 5 Th. + Salpeter 5 Th. + Glauberſalz 8 Th.	Waſſer 16 Th.	+ 4° -
Salpeterſaures Ammoniak 1 Th.	Waſſer 1 Th.	+ 4° -
Salpeterſ. Ammoniak 1 Th. + Sodeſalz 1 Th.	Waſſer 1 Th.	− 7° -
Glauberſalz 3 Th.	Verdünnte Salpeterſäure 2 Th.	− 3° -
Glauberſalz 6 Th. + Salmiak 4 Th. + Salpeter 2 Th.	Verdünnte Salpeterſäure 4 Th.	− 10° -
Glauberſalz 6 Th. + Salpeterſaures Ammoniak 5 Th.	Verdünnte Salpeterſäure 4 Th.	− 14° -
Phosphorſaures Mineralalkali 9 Th.	Verdünnte Salpeterſäure 4 Th.	− 12° -
Phosphorſaures Mineralalkali 9 Th. + Salpeterſaures Ammoniak 6 Th.	Verdünnte Salpeterſäure 4 Th.	− 21° -
Glauberſalz 8 Th.	Salzſäure 5 Th.	0° -
Glauberſalz 5 Th.	Verdünnte Schwefelſäure 4 Th.	+ 3° -

Die

Die verdünnte Salpeterſäure beſtand aus 2 Th. rauchender Salpeterſäure und 1 Th. deſtillirten Waſſers; die verdünnte Schwefelſäure aus gleichen Theilen Vitriolöhl und Waſſer.

Beobachtungen über die beſte Methode, künſtlicher Weiſe Kälte hervorzubringen, von Richard Walker; in Grens neuem Journ. der Phyſ. B. III. S. 458. ff.

Herr Lowitz fand beſonders das kryſtalliniſche ätzende Gewächsalkali und die ſalzichtſaure Kalkerde zur Hervorbringung von Kälte bey der Auflöſung in Waſſer ſehr wirkſam. Jenes bewirkte mit gleichen Theilen Waſſer von + 13° R. eine Kälte von ½° R., und 4 Theile deſſelben mit 1 Th. Waſſer von ½° R. erregten eine Kälte von — 7° R. Dieſes zu 3 Theilen gegen 2 Theile Waſſer von + 2° R. gab eine Kälte von — 15°.

Verſuche über die Hervorbringung künſtlicher Kälte, von Hrn. Lowitz; in Crells chem. Annalen 1796. B. I. S. 529. ff.

§. 621. 4) Die noch ſtärkere Erkältung beym Schmelzen des Schnees oder geſtoßenen Eiſes mit kryſtalliniſchen Salzen und mit Salpeterſäure. Weil im erſtern Falle zwey feſte Subſtanzen zugleich in die Form der tropfbaren Flüſſigkeit übergehen, ſo muß auch ihre vereinigte Wirkung ſtärker ausfallen, als jeder einzelnen. Uebrigens hat Herr Blagden ſehr ſchön gezeigt, daß die größeſte Kälte, die durch jedes Salz mit Schnee oder Eis beym Schmelzen hervorgebracht werden kann, diejenige iſt, bey welcher eine geſättigte Auflöſung eben dieſes Salzes gefriert; denn nun fällt die Urſach der Erkältung weg. Durch dergleichen kalt-machende Miſchungen iſt es möglich, ſelbſt im Sommer den Gefrierpunct des Queckſilbers zu erreichen.

Blagden Verſuche über das Vermögen verſchiedener Subſtanzen, den Gefrierpunct des Waſſers tiefer herabzubringen; in Grens Journ. d. Phyſ. B. I. S. 389.

Verſuche über die Hervorbringung einer künſtlichen Kälte, von Rich. Walker; in Grens Journ. der Phyſ. B. I. S. 419. Ebendeſſelben Verſ. über das Gefrieren des Queckſilbers, ebendaſ. B. II. S. 358. Ebendeſſelben vorher (§. 620.) angef. Abh. Lowitzens (§. 620.) angef. Abh.

Herr

Herr Walker (a. a. O.) fand, daß eine Miſchung von 12 Theilen Schnee oder geſtoßenen Eiſes, 5 Theilen Koch[illegible] und 5 Theilen von einem Pulver aus gleichen Theilen Salmiak und Salpeter, eine Kälte von — 18° Fahr. zuwege brachte.

Zwölf Theile Schnee oder geſtoßenes Eis, fünf Theile Kochſalz und fünf Theile ſalpeterſaures Ammoniak, bewirkten eine Kälte von — 25° F.

Schnee oder geſtoßenes Eis drey Theile, und verdünnte Salpeterſäure zwey Theile, beyde bey 0° F. vermiſcht, erzeugten eine Kälte von — 46° F.

Schnee drey Theile, verdünnte Schwefelſäure zwey Theile, beyde bey + 30° F., brachten das Thermometer bis — 24°.

Gleiche Theile Schnee und verdünnte Schwefelſäure, beyde bey — 20° F. vermiſcht, brachten eine Kälte von — 56° F. hervor.

Um das Queckſilber zum Gefrieren zu bringen, (unter — 40° F.,) kann man alſo Schnee und Salpeterſäure, erſt jedes beſonders, in einer der kalt-machenden Miſchungen von Schnee und Salzen erkälten, dann mit einander vermiſchen und das Queckſilber in einer Thermometerkugel in dieſes Gemiſch hineinſtellen.

Herr Lowitz (a. a. O.) hat über dieſen Gegenſtand mehrere Verſuche angeſtellt

Gleiche Theile Schnee und kryſtalliniſches ätzendes Gewächsalkali, beyde von — 6½° R., brachten — 34° R. Kälte. Queckſilber unmittelbar in die Miſchung gegoſſen, erſtarrte darin ſehr bald zu einem feſten Körper.

Eine ähnliche Miſchung bey — 11° R. gab — 40°.

Bey der Temperatur der Materialien von — 1° R. brachte mit Schnee trockenes ätzendes Gewächsalkali eine Kälte von — 21°, Aetzlauge — 27°, kryſtalliſirtes ätzendes Mineralalkali — 21°, ätzender Salmiakgeiſt — 5°, kohlenſaures Ammoniak — 17°, gewöhnliches Scheidewaſſer — 19°, rauchende Salpeterſäure — 24½°, concentrirte Schwefelſäure — 19°, rauchende ſalzichte Säure — 27½°, concentrirte Eſſigſäure — 22°, flüſſiger Eiseſſig — 22°.

Bey einer Temperatur von — 2½° R. bewirkte mit dem Schnee trocknes Weinſteinalkali — 22°, ſalpeterſaure Kalkerde — 22°, fein geriebene Spiesglanzbutter — 22°, ſalzichtſaure Talkerde — 24°, eſſigſaures Gewächsalkali — 26½°, ſalzichtſaures Eiſen — 28½°, ſalzichtſaure Kalkerde — 38°.

Die letztere gab bey der Temperatur der Materialien von — 13° gar — 40° R, mit dem Schnee.

Das vortheilhafteſte Verhältniß von Schnee und ſalzichtſaurer Kalkerde zur Hervorbringung der größeſten Kälte ſind zwey Theile des erſtern gegen drey Theile der letztern. Bey + 2½° der Materialien kommt das Gemiſch auf — 39°, und geht alſo unter den Gefrierpunct des Queckſilbers.

§. 622.

§. 622. II **Der unmerkbar gewordene Wärmeſtoff wird wieder zum freyen und ſenſibeln in Körpern, die aus dem Zuſtande der tropfbaren Flüſſigkeit in den der Feſtigkeit übergehen, oder die überhaupt ſich mehr verdicken.**

§. 623. Dieſes Geſetz iſt das umgekehrte des vorigen und eine ganz natürliche Folge davon. Die Körper, die Wärmeſtoff verſchluckt haben, um geſchmolzen zu ſeyn, müſſen beym Geſtehen denſelben wieder entlaſſen und ſolcher Geſtalt eine Temperaturerhöhung erleiden. Wenn das Waſſer gefriert, ſo ſetzt es alſo die Schmelzungswärme wieder ab. Bey dem allmähligen Gefrieren läßt ſich freylich wegen der in jedem Augenblicke nur unmerklich entwickelten Wärme dieſe nicht durchs Gefühl und Thermometer wahrnehmen; allein eben in dieſer frey werdenden Wärmematerie liegt der Grund, warum das Waſſer beym Gefrierpuncte der Luft nicht plötzlich und durchaus gefriert, und warum das bey einer ſtärkern Kälte gefrierende Waſſer doch 32° ſo lange behält, bis es durchaus gefroren iſt.

§. 624. Es erklärt ſich ferner aus dieſem Geſetze: 1) Warum Waſſer, das durch Bedeckung mit Oehl und Ruhigſtehen, ohne zu gefrieren, bis unter den Gefrierpunct erkaltet war, wenn es nun durch Schütteln oder Erſchüttern, oder Umrühren, zum Gefrieren gebracht wird, ein darein geſtelltes Thermometer bis 32° erhebt. 2) Warum z. B. von 1 Pf. Waſſer von 32° mit 1 Pf. Schnee von 4 vermiſcht, faſt ½ Pf. Waſſer gefriert und das ganze Gemiſch

auf 32° kommt. 3) Warum Salzſolutionen, die nach dem Abrauchen in der Hitze kryſtalliſirungsfähig geworden ſind, weit ſpäter erkalten, als eben ſo ſtark erhitztes Waſſer von eben dem Gewichte oder eben dem Umfange, wenn ſie beyde unter gleichen Umſtänden in ein kälteres Medium geſetzt werden. 4) Warum eine geſättigte Auflöſung des Glauberſalzes, die bey der vollkommenen Ruhe in einem verſtopften Glaſe erkaltete, ohne ſich zu kryſtalliſiren, im Augenblicke des Kryſtalliſirens beym Schütteln ſich erhitzt. 5) Warum zerfallnes Glauberſalz, Bitterſalz, Mineralalkali, gebrannter Alaun, gebrannter Borax, u. dergl., bey der Vermiſchung mit Waſſer von eben der Temperatur, Erhitzung zuwege bringen, da eben die Salze im kryſtalliniſchen Zuſtande Erkältung bewirken. Es wird nämlich im erſtern Falle das Waſſer zum feſten oder Kryſtalliſationswaſſer. 6) Warum ſich gebrannter Gyps, und noch mehr der gebrannte ungelöſchte Kalk, mit Waſſer erhitzen. Das flüſſige Waſſer wird nämlich damit zum feſten Kryſtalliſationswaſſer. 7) Woher die ſtarke Erhitzung der gebrannten Talkerde mit Vitriolöhl rührt. 8) Woher die Erhitzung der gebrannten Kalkerde, der ätzenden Alkalien, der Metalle bey der Auflöſung in concentrirten Säuren kommt. 9) Warum ſich Vitriolöhl, Salpeterſäure, mit Oehlen vermengt, erhitzen. Sie werden nämlich dadurch zu Harzen verdickt. 10) Warum geſchmolzener Talg, Fett, Harz, Wachs, ſo ſpät erkalten. 11) Warum Vitriolöhl und Waſſer, Weingeiſt und Waſſer, Eſſig und Waſſer, Mehl

und

und Waſſer, mit einander bey gleicher Temperatur vermiſcht, eine erhöhete Temperatur erhalten.

§. 625. III. **Der freye Wärmeſtoff wird zum unmerkbaren in Körpern, die aus dem Zuſtande der tropfbaren Flüſſigkeit in den des Dampfes übergehen.**

§. 626. Dieſes Geſetz erklärt mehrere Erſcheinungen: 1) Die Fixität des Siedepunctes des an freyer Luft bey unverändertem Drucke der Atmoſphäre kochenden Waſſers (§. 579.). 2) Die Erſcheinung, daß Waſſer, welches im verſchloſſenen papinianiſchen Topfe bis über den Siedepunct erhitzt iſt, ſogleich zum Siedepuncte zurückkehrt, ſo wie der Dampf durch eine Oeffnung ſeinen Ausgang nehmen kann. 3) Warum 8 Pf. Eiſenfeil von 300° F. mit 1 Pf. Waſſer von 212° vermengt nur eine Temperatur von 212° des Gemenges hervorbringen. 4) Warum offene Gefäße, worin Waſſer kocht, durch das Feuer nicht merklich über den Siedepunct erhitzt werden können. 5) Warum ein Zwirnsfaden, der um ein mit Waſſer gefülltes, verſtopftes Medicinglas dicht gebunden iſt, über der Flamme eines Lichtes nicht verbrennt. 6) Die Abkühlung der Zimmer im Sommer durch Beſprengen mit Waſſer, und die Methode zu Benares in Indien, Eis zu machen. 7) Das Sinken eines empfindlichen Luftthermometers unter der Glocke der Luftpumpe beym Verdünnen der feuchten Luft darunter. 8) Die ſtarke Erkältung beym Verdunſten des Aethers, (**Franklins Problem.**)

Beſchreibung der Art und Weiſe, wie man zu Benares in Oſtindien Eis verfertigt, von Hrn. Lloyd Williams; in Grens Journal der Phyſik, B. VIII. S. 409. ff. S. 412. ff.

Ueber die bequemſte Art, Waſſer durch Verdunſtung des Vitriolsäthers gefrieren zu machen, vom Hrn. Hofr. Mayer; im neuen Journ. der Phyſik, B. II. S. 394. ff.

§. 627. Endlich erklärt dieſes Geſetz 9) die ſo genannte kälte-erzeugende Kraft des lebenden Menſchen in einem Medium, das über die Temperatur der Blutwärme erhöhet iſt. Da nämlich der lebende Körper eine Quelle zur Entwickelung des Wärmeſtoffes in ſich ſelbſt hat, ſo würde, wenn die umgebenden Mittel von niedrigerer Temperatur den Wärmeſtoff nicht abführten, dieſer ſehr bald in dem Maaße angehäuft werden müſſen, daß er nachtheiligen und tödtenden Reitz für den Körper wirkte. In einem Mittel aber, das über die Blutwärme in der Temperatur erhöhet iſt, kann dieſe Abführung der Wärme durch dieſes Mittel nicht geſchehen; aber nun öffnet ſich auch eine Quelle zur Abkühlung in deſto reichlicherm Maaße, nämlich die Ausdünſtung.

Chr. Henr. Guil. Roth diſſ. de tranſpiratione cutanea aequilibrii caloris humani conſervationi inſerviente. Hal. 1793. 8.

§. 628. IV. **Der unmerkbar gewordene Wärmeſtoff wird wieder zum freyen und ſenſibeln in Körpern, die aus dem Zuſtande des Dampfes zu tropfbar-flüſſigen oder feſten werden.**

§. 629. Dieſes Geſetz iſt wieder das umgekehrte des vorigen. Als Beyſpiele zur Erklärung dienen: 1) Warum eine kleine Quantität Waſſer in Dampfgeſtalt, z. B. bey Deſtillationen, weit mehr Wärme bey ſeinem Niederſchlagen abſetzt, als eine gleiche

Quan-

Quantität Waſſer, wenn auch die Temperatur in beyden gleich iſt. 2) Warum der Waſſerdampf bey ſeiner Zuſammendrückung und daher entſtehender Vernichtung Temperaturerhöhung bewirkt; und warum unter der Glocke der Luftpumpe ein empfindliches Luftthermometer ſteigt, wenn man zu dem im Guerikſchen Raume enthaltenen Dunſte Luft läßt. Nach Hrn. Watts Erfahrung iſt die Quantität des Wärmeſtoffes, der als latenter im Waſſerdampfe bey gleicher Temperatur mehr enthalten iſt, als im kochenden Waſſer von eben dem Gewichte, ſo groß, daß, wenn er in einer nicht verdunſtbaren Subſtanz von einerley Capacität und Gewicht mit dem Waſſer frey und ſenſibel würde, die Temperatur dieſer Maſſe um 943° erhöhen würde.

de Luc neue Ideen, S. 249 — 258.

§. 630. V. **Der freye Wärmeſtoff wird verſchluckt und zum unmerkbaren, wenn Subſtanzen die Gasgeſtalt annehmen.**

§. 631. VI. **Der unmerkbar gewordene Wärmeſtoff wird wieder frey, wenn Gasarten ihren luftförmigen Zuſtand verlieren und zum flüſſigen oder feſten Stoffe niedergeſchlagen werden.**

Die Erfahrungen über die Gasarten, die in der Folge erſt vorgetragen werden können, werden dieſe beyden letztern Geſetze beſtätigen.

§. 632. Da das Eis von 32 Gr. F. bey ſeinem Uebergange zum tropfbar-flüſſigen Waſſer von eben dieſer Temperatur nur eine beſtimmte Quantität freyen Wärmeſtoffes verſchluckt, und dieſe ſolcher Geſtalt der Menge des geſchmolzenen Eiſes proportional iſt; ſo

haben

haben Hr. **Lavoiſier** und **de la Place** hierauf einen Apparat gegründet, theils die ſpecifiſche Wärme der Körper zu beſtimmen, theils die verhältnißmäßige Quantität des Wärmeſtoffes zu meſſen, die bey der Zerſetzung der Körper und der Aenderung ihrer Form oder ſonſt beym Verbrennen frey wird. Sie nennen ihn ein **Calorimeter**, das freylich beſſer ein **Thermometer** heißen ſollte. Sonſt nennt man ihn auch den **Eisapparat**. Mit Unrecht ſieht man alle die bey der Anſtellung der Verſuche damit von den Erfindern angegebenen Zahlen als Ausdrücke für die ſpecifiſche Wärme der Körper an, da die mehreſten die bey der Formänderung frey gewordene latente Wärme anzeigen. Erinnerungen gegen den Apparat ſelbſt hat Hr. **Wedgwood** gemacht.

Lavoiſier traité de chimie, T. II. à Paris 1789. S. 387. *Wedgwood*, in den *philoſ. transact.* Vol. LXXIV. S. 371.

Mittel, die Temperatur der Körper zu erhöhen.

§. 633. Nach den angeführten Geſetzen der Fixirung und Entbindung des Wärmeſtoffes kann alſo Erhitzung oder Temperaturerhöhung in ſehr vielen Fällen dadurch hervorgebracht werden, daß Materien durch ihre Einwirkung auf einander oder durch Veränderung ihrer Miſchung ihre Form ändern, wobey vorher latent geweſener oder chemiſch gebundener Wärmeſtoff frey wird.

§. 634. Es iſt aber wahrſcheinlich, daß Wärmeſtoff nicht bloß von Materien in ihrem gasförmigen

Zu-

Zuſtande chemiſch gebunden werde, ſondern daß ſie ihn auch in andern Zuſtänden der Aggregation oder der Form wirklich chemiſch gebunden enthalten können, oder ohne daß er vermögend ſey, ſie zu expanſibeln Flüſſigkeiten zu machen; und zwar, daß ſie bey gleicher Maſſe nach ihrer verſchiedenen Anziehung dazu mit verſchiedenen Quantitäten deſſelben vereinigt ſind, und daß durch die Veränderung der Miſchung dieſer Materien dieſer gebundene Wärmeſtoff in größerer oder geringerer Menge daraus frey werde. Und dies wäre ein **zweytes Mittel**, wie Temperaturerhöhung unabhängig von der Formänderung entſtehen kann.

§. 635. Eine **dritte** Quelle zur Entſtehung der Wärme, und die vorzüglichſte und hauptſächlichſte für unſern Erdkörper, iſt das **Sonnenfeuer**; über ſeine Wirkungsart kann aber erſt in der Folge bey der Lehre vom Lichte die Unterſuchung angeſtellt werden.

§. 636. Das **Verbrennen** entzündlicher Materien, oder das **Küchenfeuer**, iſt ein **viertes Mittel**, Hitze zuwege zu bringen. Die Folge wird lehren, daß es hauptſächlich dadurch wirkt, daß dabey eine gasförmige Subſtanz zerſetzt wird, und alſo eigentlich das oben (§. 631.) angeführte Geſetz Statt findet.

§. 637. Ein **fünftes Mittel**, Wärme zu erregen, iſt endlich das **Reiben** feſter Körper unter einander, das man ehemals gar für die einzige Quelle aller Temperaturerhöhung anſah. Obgleich noch nicht alle Umſtände bey dieſer ſo gewöhnlichen Erſcheinung ins Licht geſetzt ſind, ſo ſcheint doch ſo viel ausgemacht zu

ſeyn,

ſeyn, daß eine plötzliche und ſtarke Zuſammendrückung der Theile der ſich reibenden Körper Statt finden muß, wenn dadurch Hitze erregt werden ſoll, wie auch das Geräuſch, das beym Reiben immer zugegen iſt, beſtätigt. Vielleicht wird nun durch dieſe plötzliche Zunahme der Dichtigkeit der Theile ihre Capacität oder ihre ſpecifiſche Wärme (§. 553.) vermindert, und ſo Anhäufung von freyem Wärmeſtoffe oder Temperaturerhöhung zuwege gebracht. Hieraus ließe ſich erklären, wie bey übrigens gleichen Umſtänden und gleichen Körpern die Entſtehung der Wärme um deſto größer ſey, je heftiger das Reiben geſchieht oder je ſchneller und ſtärker die ſucceſſiven Zuſammendrückungen und Schwingungen der Theile erfolgen. Ferner lehren die Erfahrungen, daß die Leitungskraft der Körper für die Wärme auf die Erregung der Hitze vielen Einfluß habe, und daß dieſe bey gleicher Stärke der Reibung um deſto größer ſey, je ſchlechtere Leiter für die Wärme die reibenden Subſtanzen ſind. Die Luft, welche die reibenden Subſtanzen berührt, kann daher auch Wärmetheilchen ſchnell genug ableiten, daß ihre Wirkung nicht bemerkbar wird, wenn die Wirkung des Reibens nur ſchwach iſt; und wirklich fand **Pictet** auch im luftleeren Raume deshalb die Wirkung des Reibens größer, als im luftvollen, was zu gleicher Zeit beweiſet, daß die Luft ſelbſt die beym Reiben feſter Körper erregte Wärme nicht hergiebt. Freylich kann aber beym Reiben entzündlicher Subſtanzen die Temperatur derſelben bis zu ihrer Entzündungshitze erhöhet und dadurch Verbrennen hervorgebracht werden,

den, wobey dann die Luft allerdings zur Erzeugung der Hitze wirkſam iſt. Flüſſige Körper können ſich wegen der Verſchiebbarkeit ihrer Theile nicht unter einander reiben, wie man ſonſt annahm. In ihnen ſelbſt iſt daher dieſe Art der Erregung der Wärme nicht möglich. Bey elaſtiſchen Flüſſigkeiten kann jedoch durch plötzliche Zuſammendrückung derſelben auf eine ähnliche Art, wie beym Reiben, Wärmeſtoff angehäuft werden, wie die Temperaturerhöhung der Luft beym ſchnellen Comprimiren derſelben offenbar beweiſet.

Pictets Verſuch über die Wärme, die durch das Reiben hervorgebracht wird; in ſeinem Verſuche über das Feuer, S. 184. ff.

* * *

Um ſich zu belehren, wie man es anfangen müſſe, diejenigen, welche eine materielle Urſache der Wärme ſo wohl als des Leuchtens annehmen, der gröbſten Inconſequenz zu beſchuldigen, leſe man Herrn Alex. Nicol. Scherers Nachträge zu den Grundzügen der neuen chemiſchen Theorie. Jena 1796. 8.

Zwey

Zweytes Hauptſtück.

Licht.

§. 638.

Bey Tage und bey der Erhellung durch Feuer oder durch leuchtende Materien bringen die Gegenſtände in unſern geſunden Augen eine Empfindung zuwege, welche jedermann unter dem Namen des **Sehens** kennt, wodurch wir in den Stand geſetzt werden, von der Lage, Figur, Größe und Bewegung der ſichtbaren Gegenſtände urtheilen zu können.

§. 639. Die objective Urſach dieſer Empfindung nennt man **Licht** oder **Lichtmaterie** (Materia lucis). Außer dem Sinne des Geſichts kann dieſes Weſen freylich von keinem andern Sinne empfunden werden: da es aber das Organ des Geſichts rührt, ihm ſogar beſchwerlich und ſchmerzhaft werden kann; da wir es vermehren, vermindern, abſondern, meſſen, figiren und verſetzen können; kurz, da es im Raume und in der Zeit enthalten iſt: ſo iſt gar kein Bedenken, ſein materielles Daſeyn anzunehmen und ihm objective Realität zuzuſchreiben.

§. 640. Der Zuſtand der Körper, die in unſern Augen die Empfindung des Sehens hervorbringen, heißt **Erleuchtung** oder **Helligkeit** (Claritas), welchem die **Dunkelheit** oder **Finſterniß** (Obſcuritas) entgegengeſetzt iſt, die, wie niemand zweifelt, kein eige-

eigenes dunkel-machendes Weſen vorausſetzt, ſondern bloße Abweſenheit des Lichts oder auch Verminderung deſſelben bis auf einen Grad iſt, der von uns nicht mehr empfunden werden kann.

§. 641. Diejenigen Körper, die aus ſich das Licht entwickeln, und alſo für ſich allein die Empfindung des Sehens verurſachen, heißen **leuchtende Körper** (Corpora lucentia), und dahin gehören die Sonne, die Firſterne, alle brennende Körper; alle andere Körper aber, die uns nur durch Hülfe jener ſichtbar werden, heißen, wenn ſie die Empfindung des Sehens bewirken, **erleuchtete** oder **erhellte Körper**.

Schwach leuchtende Körper können durch ſtark leuchtende aber auch ganz unſichtbar oder zu bloß erleuchteten gemacht werden, weil die gleichzeitige ſtärkere Empfindung in einem und demſelben Organe die ungleich ſchwächere vermiſcht. So ſieht man Phosphor beym Tageslichte nicht leuchten, nur erleuchtet, und die Geſtirne ſind unſerm bloßen Geſichte dann ganz unſichtbar.

§. 642. Wenn wir durch gewiſſe Körper die gerade Linie unterbrechen, die von unſerm Auge zu den leuchtenden oder erleuchteten Gegenſtänden gezogen werden kann, ſo können wir dieſe nicht mehr ſehen; verſchiedene andere Körper hingegen verhindern es in dieſem Falle nicht, ſondern wir können durch ſie die leuchtenden oder erleuchteten Gegenſtände wahrnehmen. Jene heißen **opake** oder **undurchſichtige Körper** (Corpora opaca); dieſe **durchſichtige** (Corpora transparentia, diaphana, pellucida). Die Durchſichtigkeit derſelben leidet übrigens verſchiedene Stufen. Sie hängt nicht von der Menge der Zwiſchenräume,

ſon-

ſondern von der geradlinigen Richtung des Lichts in der Maſſe ab, wie weiter unten näher erläutert werden wird.

Nöthige Erinnerung hierbey wegen des Sehens vermittelſt der durch Spiegel reflectirten Strahlen.

§. 643. Wenn das Licht der Sonne durch eine kleine Oeffnung in ein verfinſtertes Zimmer fällt, ſo findet man, daß die Erleuchtung der hinter einander liegenden Lufttheilchen eine gerade Linie macht. Da aber auch erleuchtete Gegenſtände nicht wahrgenommen werden können, wenn die gerade Linie zwiſchen ihnen und unſern Augen durch undurchſichtige Körper unterbrochen wird, ſo muß ſich **das Licht ſo wohl von den leuchtenden als erleuchteten Körpern in geraden Linien fortpflanzen.**

§. 644. Die Theilchen des Lichts, die in Einer geraden Linie ſich hinter einander bewegen, nennt man einen **Lichtſtrahl** (Radius lucis). Die durchſichtigen Körper (§. 642.) müſſen dieſe Lichtſtrahlen durch ſich nach unſerm Auge hindurchgehen laſſen, ſonſt würden wir durch ſie hindurch die ſichtbaren Gegenſtände nicht wahrnehmen können.

§. 645. Ein iſolirter leuchtender oder erleuchteter Punct iſt von allen Seiten her ſichtbar; folglich verbreitet ſich auch das Licht von jedem ſichtbaren Puncte nach allen Richtungen zu.

§. 646. Das Licht iſt alſo eine **expanſibele Flüſſigkeit**, deren Theilchen durch überwiegende Repulſionskraft in Bewegung geſetzt werden; und dieſe bewe-

gen

gen ſich von der Quelle aus, wo ſie thätig werden, nach allen Richtungen zu, wie die Radii einer Kugel vom Mittelpuncte nach der Fläche. Wir können uns alſo die Verbreitung des Lichts von jedem leuchtenden oder erleuchteten Puncte als eine Sphäre von unbeſtimmter Größe vorſtellen, deren Centrum der ſtrahlende Punct einnimmt, und deren Radii die Lichtſtrahlen ſind. Bey ſichtbaren Puncten auf Flächen undurchſichtiger Körper kann dieſer Ausfluß des Lichts als eine Hemiſphäre gedacht werden.

§. 647. Das Licht iſt ferner eine **rein-expanſibele Flüſſigkeit**. Kein einziger Verſuch kann die Schwerkraft deſſelben beweiſen, oder darthun, daß ſeine Bewegung durch die Schwere in der Richtung abgeändert werde. Es zeigt ſich durchaus als **imponderabele Subſtanz**.

§. 648. Dieſemnach müßte das Licht ſich ins Unendliche verbreiten, weil ſeine Repulſionskraft ſich nicht durch ſich ſelbſt beſchränken kann, und wirklich erfüllt auch das Licht nie mit Beharrlichkeit ſeinen Raum.

§. 649. Die Unterſuchungen in der Folge werden aber wahrſcheinlich machen: daß die Elaſticität oder Expanſibilität des Lichts nicht urſprünglich, ſondern mitgetheilt iſt, und daß es aus einer an ſich nicht expanſibeln Subſtanz und dem Wärmeſtoffe beſteht, durch welchen jene ihre elaſtiſche Flüſſigkeit erhält; daß es durch Anziehung anderer Materien, entweder gegen ſeine Baſis oder gegen ſeinen Wärmeſtoff, zerſetzt werden, und

ſo

ſo dahin gebracht werden kann, in einem begrenzten Raume, freylich nicht mehr als elaſtiſches Fluidum, gefeſſelt zu werden.

§. 650. Aus der Expanſibilität des Lichts folgt ſchon: daß es als Continuum ſeinen Raum erfüllen müſſe; daß es alſo keine ſo genannte discrete Flüſſigkeit bilden könne, deren Theilchen durch große Zwiſchenräume in Beziehung auf ihren Durchmeſſer von einander abgeſondert wären; und daß es ſich nicht in abgeſonderten, nicht contiguirlichen, Strahlen verbreite.

§. 651. Indeſſen dient dieſe Vorſtellung, daß ſich das Licht in discreten Strahlen verbreite, zur anſchaulichern Erklärung der folgenden Erſcheinungen; die Optik läßt ſich ſo gewiſſer Maaßen auf eine Geometrie des Lichtes zurückbringen. Ich werde deshalb dieſe Vorſtellungsart im Folgenden zum Grunde legen, obgleich in der Wirklichkeit das Licht in einem contiguirlichen Strome ausfließt und auch bey der größeſten Dünne ein Continuum im Raume bildet.

In der Wirklichkeit kann man ja auch nie einen Lichtſtrahl darſtellen; dazu müßte man das Licht durch ein unendlich kleines Loch in ein finſteres Zimmer treten laſſen, deſſen Unmöglichkeit jedermann einſieht.

§. 652. Die Geſchwindigkeit der Ausbreitung der Theilchen des Lichts vom ſtrahlenden Puncte iſt ſo groß, daß die Zeit, die es braucht, um einen auf der Erde zu überſehenden Raum zu durchlaufen, für uns nicht mehr meßbar iſt. Indeſſen iſt dieſe Bewegung doch nicht inſtantan, oder ohne Zeit, wie man ehemals

ehemals glaubte, ſondern für ſehr große Räume allerdings meßbar und nicht außer aller Vergleichung groß, wie die Aſtronomie lehrt. Den ſicherſten Beobachtungen derſelben zufolge durchläuft das Licht den Weg von der Sonne zur Erde, oder den Raum, der dem mittlern Halbmeſſer der Erdbahn oder 23430 Halbmeſſern der Erde gleich iſt, in 8 Minuten $7\frac{1}{2}$ Secunde. Dieſe Geſchwindigkeit verhält ſich zu der, mit welcher die Erde um die Sonne läuft, wie 10313 : 1; zu der Geſchwindigkeit, mit welcher ein Punct des Aequators der Erde bey ihrer Umdrehung um die Achſe geführt wird, wie 653539 : 1; und zu der Geſchwindigkeit des Schalles in der Luft beynahe wie 976000 : 1. Dieſe Geſchwindigkeit des Lichts giebt alſo binnen Einer Secunde einen Weg von mehr als 40000 geographiſchen Meilen. Außer dieſer großen Geſchwindigkeit des Lichts und aus der Dauer der Empfindung in unſerm Organe nach empfangener Impreſſion läßt es ſich denn auch erklären, warum ein nicht continuirlicher Strom des Lichts, der in ſehr kleinen Zwiſchenzeiten von einem Orte her erfolgt, uns als ein continuirlicher erſcheinen kann.

Römer, ein däniſcher Aſtronom, beobachtete mit Caſſini in den Jahren 1672 bis 1675 die Verfinſterungen der Jupitersmonde fleißig, und fand, daß bey den verſchiedenen Stellungen der Erde in ihrem Kreislaufe um die Sonne die Zeit des Austritts des erſten Mondes aus dem Schatten des Jupiters nicht ſo erfolgte, als es der Berechnung nach hätte ſeyn müſſen. Es ſey z. B. (Fig. 55.) S die Sonne, T die Erde, TQM ihre Bahn um die Sonne, te der Halbmeſſer dieſer Bahn, I der Jupiter und BA ein Theil ſeiner Bahn um die Sonne, L der erſte Mond des Jupiters, und Labc die Bahn dieſes Mondes um den Jupiter. Wenn die Erde ſich in T befindet, und der Beobachter auf derſelben nimmt den Austritt des Jupitersmondes L aus dem Schatten des Jupiters in l wahr, ſo wird

wird er dieſen Austritt etwa nach 42 St. und 30 Minuten abermals wahrnehmen, und wenn die Erde in T bliebe, in 30 mal 42 St. 30 Minuten den Austritt des Jupitersmondes aus dem Schatten des Jupiters 30 mal beobachten können. Die Erde legt aber in dieſer Zeit einen Theil ihrer Bahn zurück, und langt in t an. Wenn nun das Licht Zeit braucht, um ſich fortzupflanzen, ſo wird der Beobachter auf der Erde in t dieſen Austritt ſpäter beobachten, als da die Erde in T war, und es muß folglich zu der Zeit von 30 mal 42 St. 30 Min. noch ſo viel Zeit hinzukommen, als das Licht braucht, um die Differenz des Raums lT und lt zu durchlaufen. Römer las am 22ſten Novbr. 1675 in der Akademie der Wiſſenſchaften zu Paris eine Abhandlung über dieſe allmählige Fortpflanzung des Lichts vor, die er aus ſeinen Beobachtungen gefolgert hatte. Caſſini und Maraldi widerſprachen ihm (*Mém. de l' acad. roy. des ſc.* 1707. S. 36. und 102.), Huygens hingegen (*tr. de lumine* S. 6.) und Newton (*princ. philoſ. nat.* S. 207.) pflichteten ihm bey. Bradley endlich ſetzte durch die von ihm gemachte Entdeckung der Aberration der Fixſterne die allmählige Fortpflanzung außer allen Zweifel, und ſeine genauern Beſtimmungen haben gelehrt, daß, wenn die Differenz des Raums lT und lt dem Halbmeſſer der Erdbahn tc gleich ſey, das Licht eine Zeit von 8 Min. 7½ Secunde brauche, um ihn zu durchlaufen, oder daß das Licht, um von der Sonne bis zur Erde zu kommen, 8 Min. 7½ Sec. Zeit verwende. (*Bailly* hiſtoire d' aſtronomie moderne, T. II. S. 674.). Römer ſelbſt hat nichts von ſeinen Beobachtungen ſchriftlich hinterlaſſen.

Aus dieſer großen Geſchwindigkeit des Lichts und aus der Dauer des Eindrucks deſſelben auf die Netzhaut unſers Auges läßt es ſich denn leicht erklären, wie uns der Ausfluß des Lichts als ein ununterbrochener Strom vorkommen könne, ungeachtet dies in der Wirklichkeit nicht immer ſo iſt. Wenn man eine glühende Kohle ſchnell im Kreiſe ſchwingt, ſo ſcheint ſie einen ununterbrochenen glühenden Kreis zu bilden, obgleich die Kohle an den verſchiedenen Stellen deſſelben nach einander, nicht zugleich, iſt. Hr. von Segner (Progr. de raritate luminis, Goetting. 1740. 4.) folgert hieraus, daß der Eindruck des Lichts auf die Netzhaut des Auges ⅒ Secunde daure. Wir wollen annehmen, daß er nur $\frac{1}{10}$ Secunde daure, ſo wird das Licht binnen dieſer Zeit einen Weg von etwa 5 Halbmeſſern der Erde durchlaufen. Es könnten alſo ſucceſſive Lichtausflüſſe um 5 Halbmeſſer der Erde von einander abſtehen und uns doch als ein continuirlicher Strom erſcheinen.

Gerad⸗

Geradlinige Verbreitung des Lichts.

§. 653. Aus dem Satze der Trägheit folgt, daß die Lichttheilchen, die durch ihre Repulſionskraft in Thätigkeit geſetzt worden ſind, wenn ſie nicht durch Anziehung anderer Materien dagegen afficirt werden, in der Richtung, die ſie einmal haben, beharren, folglich ſich geradlinig verbreiten müſſen.

§. 654. Die Lichtſtrahlen alſo, die von einem ſichtbaren Puncte ausfahren und auf die Hornhaut oder Pupille unſers Auges, oder ſonſt auf eine Kreisfläche fallen, müſſen einen **Strahlenkegel** bilden, deſſen Grundfläche an unſerm Auge oder an der andern Fläche, und deſſen Spitze an dem **ſtrahlenden Puncte** iſt.

§. 655. Weil die **Stärke des Lichts** (Intenſitas lucis) von der Dichtigkeit deſſelben, und die **Stärke der Erleuchtung** von der Menge der auf eine Fläche fallenden Lichtſtrahlen abhängt, ſo ſieht man auch aus der Verbreitung des Lichts (§. 654.) leicht ein: **daß ſich die Erleuchtung einer Fläche umgekehrt verhalten müſſe, wie das Quadrat der Entfernung der erleuchteten Fläche von dem ſtrahlenden Puncte**; ferner: daß von einerley ſtrahlendem Puncte bey gleicher Entfernung weniger Lichtſtrahlen auf einerley Kreisfläche fallen müſſen, wenn die Achſe des Lichtkegels ſchief, als wenn ſie ſenkrecht darauf iſt; daß immer deſto weniger Strahlen auf die Fläche fallen müſſen, je ſchiefer der Auffallswinkel der Achſe

des Lichtkegels iſt; und daß die Erleuchtung der Fläche ſich verkehrt verhalten müſſe, wie der Sinus des Neigungswinkels der Strahlen gegen die erleuchtete Fläche.

Es ſey c (Fig. 56.) ein ſtrahlender Punct, aus welchem rund herum Lichtſtrahlen ausfließen. Wenn ein Theil dieſes Lichts von der Kreisfläche ACB aufgefangen wird, deren Durchmeſſer AB iſt, ſo iſt cAB ein Strahlenkegel, deſſen Spitze c und deſſen Grundfläche ACB iſt. Die dem ſtrahlenden Puncte c zugekehrte Seite der Kreisfläche ACB wird von demſelben Erleuchtung erhalten und alles Licht empfangen, das zwiſchen den äußern Strahlen cA und cB an der Peripherie des Kegels enthalten iſt. Wird nun dieſe Kreisfläche nur halb ſo weit vom ſtrahlenden Puncte c in ab geſtellt, ſo daß, wie vorher, die Achſe deſſelbigen Strahlenkegels cC ſenkrecht auf ihrem Mittelpuncte ſteht, ſo wird nur der vierte Theil dieſer Kreisfläche von eben den Strahlen erhellt werden, die vorher die ganze Fläche erhellten; denn die Kreisflächen verhalten ſich wie die Quadrate der Durchmeſſer. Der Durchmeſſer der Durchſchnittsfläche des Kegels, die bey dem auf die Achſe ſenkrecht geführten Schnitte in der halben Entfernung derſelben von der Spitze entſteht, iſt alſo halb ſo groß. ABC empfängt alſo bey der noch einmal ſo weiten Entfernung von c auf ihrer ganzen Fläche nicht mehr Lichtſtrahlen von c, als der vierte Theil derſelben Fläche, wenn ſie in ab oder in der halben Entfernung von c ſteht. Der Theil der Fläche, der in ab alle Strahlen eben dieſes Strahlenkegels auffängt, wird alſo bey der doppelten Entfernung von c in AB nur den vierten Theil der Strahlen dieſes Strahlenkegels empfangen, folglich bey der doppelten Entfernung viermal weniger vom ſtrahlenden Puncte c erleuchtet werden; und die Intenſität der Erleuchtung wird ſich alſo umgekehrt verhalten, wie das Quadrat der Entfernung vom ſtrahlenden Puncte.

Wenn ferner die Achſe cC des Lichtkegels cAB nicht ſenkrecht auf der Fläche ACB ſteht, ſondern dieſe ſchief dagegen, wie dB, geſtellt wird, ſo lehrt der Augenſchein, daß alsdann nicht mehr alle zwiſchen cA und cB enthaltene Strahlen die Fläche treffen können, ſondern ein Theil vorbeygeht, und alſo weniger Lichtſtrahlen ſie erhellen müſſen, als vorher.

Wenn alſo bey der Entfernung z. B. von 10 Fuß von der Flamme einer brennenden Wachskerze kleine Schrift mit einer gewiſſen Deutlichkeit geleſen werden kann, ſo werden bey der Entfernung von 20 Fuß vier ſolcher Flammen der Wachskerze nöthig ſeyn, um die Schrift in eben der Stärke der Erleuchtung wahrzunehmen. Doch iſt dieſes Exempel nicht ganz paſſend.

§. 656.

§. 656. Verſuche, welche die Schwächung des Lichts bey ſeinem Fortgange im Verhältniſſe des Quadrats der Entfernung vom ſtrahlenden Puncte beweiſen, hat Hr. Graf Rumford angeſtellt und dazu ein ſinnreiches Photometer beſchrieben.

Beſchreibung einer Methode, die comparativen Intenſitäten des Lichts leuchtender Körper zu meſſen, vom Hrn. Generallieutenant Benj. Thompſon, Grafen von Rumford; in Grens neuem Journ. d. Phyſik, B. II. S. 15. ff.

§. 657. Es folgt aus dem angeführten Geſetze der Schwächung des Lichts bey ſeiner Verbreitung (§. 655.), daß, wenn auf einer gegebenen Fläche die Stärke der Erleuchtung oder die Dichtigkeit des Lichts zweyer verſchiedener Lichtquellen, (unter gleichem Auffallswinkel der Strahlen,) gleich iſt, die Intenſitäten oder Dichtigkeiten der reſpectiven Lichtmaſſen bey ihrem Ausfluſſe ſich verhalten müſſen, wie die Quadrate der Entfernungen dieſer Lichtquellen von der Fläche.

Wenn ſo z. B. ein ſchwächeres Licht bey 4 Fuß Entfernung, und ein ſtärkeres Licht bey 8 Fuß Entfernung von einerley Fläche dieſe gleich ſtark erleuchten, ſo wird in dieſem Falle die Intenſität des ſtärkern Lichts zu der des ſchwächern beym Ausfluſſe ſich verhalten, wie $8^2 : 4^2 = 64 : 16 = 4 : 1$.

Wenn ferner die Erleuchtung einer gegebenen Fläche durch ein Kerzenlicht eben ſo ſtark iſt, als durch das Mondlicht, ſo muß die Intenſität des Mondlichts bey ſeinem Ausfluſſe zu der Intenſität des Lichts in der Flamme der Kerze ſich verhalten, wie das Quadrat der Entfernung des Mondes von der Fläche zum Quadrat der Entfernung des Kerzenlichts von derſelben.

§. 658. Die Lichtſtrahlen, welche bey ihrer Entwickelung aus dem ſtrahlenden Puncte ausfahren, entfernen ſich natürlicher Weiſe immer weiter von einander und heißen divergirend, aus einander fahrend (Radii divergentes); und ihre Divergenz muß deſto

größer ſeyn, je größer der Winkel an der Spitze des Strahlenkegels iſt. Sonſt können aber auch Lichtſtrahlen, (wie dies in der Folge erhellen wird,) von einer Fläche nach einem Puncte hin zuſammenlaufen oder **convergiren** (Radii convergentes); und es muß ebenfalls die **Convergenz** derſelben deſto größer werden, je näher die Spitze des Strahlenkegels nach der Grundfläche deſſelben zu tritt.

Es ſey (Fig. 57.) AB eine Kreisfläche, die vom ſtrahlenden Puncte c Erleuchtung erhält, ſo iſt cAB ein Strahlenkegel, und der Winkel, welchen die zwey äußern Strahlen an entgegengeſetzten Puncten der Peripherie A und B mit einander in c machen, AcB. Wird dieſelbige Grundfläche dem ſtrahlenden Puncte c näher geſtellt, wie in ab, ſo wird der Winkel acb, den nun die äußern Strahlen an den entgegengeſetzten Puncten a und b der Peripherie bilden, größer; die Größe der Divergenz der Strahlen wird ſo aus der Größe des Winkels in c beurtheilt.

Es laufe ferner ein Strahl (Fig. 58.) von A nach c, und ein anderer von B nach c, ſo heißen ſie nun convergirend, und die Größe ihrer Convergenz wird durch den Winkel AcB ausgedrückt. Wenn nun eben dieſe Strahlen früher zuſammentreffen, wie Af und Bf, ſo wird der Winkel AfB größer ſeyn, und man ſagt, ihre Convergenz ſey größer.

§. 659. Wenn die Fläche, welche die divergirenden Strahlen von einem ſtrahlenden Puncte auffängt, ſich weiter vom letztern entfernt, ſo wird auch der Winkel der äußerſten an entgegengeſetzten Puncten der Peripherie der Fläche auffallenden divergirenden Strahlen kleiner, und bey einer ſehr großen Entfernung endlich ſo klein, daß der Winkel für uns ganz verſchwinden, und daß man die auffallenden Strahlen als **parallel** anſehen kann, die alſo dann einen **Strahlencylinder** zu bilden ſcheinen.

§. 660. In einem freyen Mittel würde die Stärke des Lichts paralleler Strahlen bey ihrem Fortgange nicht vermindert werden; ſie wird es aber in durchſichtigen Körpern, weil dieſe nicht völlig und nie ſo durchſichtig ſind, daß ſie gar keine Strahlen aufhalten ſollten. Ueberhaupt aber nimmt die Stärke des Lichts darin nach einer geometriſchen Progreſſion ab, wenn das Medium homogen und gleichförmig dicht iſt.

Es ſey ein durchſichtiges Medium, von homogener Natur, deſſen Dichtigkeit in allen Theilen gleichförmig ſey, und worin alſo das Verhältniß der Theile, die das Licht intercipiren, zu denen, die es durchlaſſen, einerley ſey in dem Ganzen, wie in einzelnen Schichten des Ganzen. Man denke ſich nun das ganze Medium in gleiche Schichten abgetheilt, ſo iſt klar, daß, wenn das Verhältniß der Theilchen des Raums, die das Licht intercipiren, zu denen, die es durchlaſſen, wie x : 1, und die Lichtmenge, die als parallel in die erſte Schicht tritt, durch 1 ausgedrückt wird, der davon aufgehaltene Theil $\frac{1}{x}$ ſeyn wird. Die durch die erſte Schicht durchgehende Lichtmenge wird alſo $1 - \frac{1}{x}$ ſeyn; in der zweyten Schicht des Mediums wird davon der Theil $\frac{1}{x} - \frac{1}{xx}$ aufgefangen werden, folglich wird durch dieſe zweyte Schicht nur die Menge des Lichts gehen, die durch $1 - \frac{1}{x} - \frac{1}{x} + \frac{1}{xx} = 1 - \frac{2}{x} + \frac{1}{xx} = \left(1 - \frac{1}{x}\right)^2$ ausgedrückt wird. In der dritten Schicht wird davon der Theil $\frac{1}{x} - \frac{2}{xx} + \frac{1}{xxx}$ wieder aufgehalten werden, folglich wird durch dieſe dritte Schicht nur die Lichtmenge $1 - \frac{2}{x} + \frac{1}{xx} - \frac{1}{x} + \frac{2}{xx} - \frac{1}{xxx}$ $= 1 - \frac{3}{x} + \frac{3}{xx} - \frac{1}{xxx} = \left(1 - \frac{1}{x}\right)^3$ hindurchgehen und zur vierten gelangen; u. ſ. w. Wenn alſo die Stärke des Lichts, d. i.: die Menge des Lichts, das in parallelen Strahlen auf die erſte Schicht trifft, durch 1 ausgedrückt wird, ſo iſt ſie auf der zweyten gleichen Schicht = $1 - \frac{1}{x}$, auf der dritten $\left(1 - \frac{1}{x}\right)^2$, auf der vierten

(1

$\left(1 - \frac{1}{x}\right)^3$. Sie nimmt folglich in einer geometriſchen Progreſſion ab. Sind die Strahlen divergirend, ſo nimmt es auch noch über dies in der Progreſſion: 1, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{9}$, $\frac{1}{16}$ ꝛc., in den auf einander folgenden homogenen, gleichen, Schichten ab; und aus beyden Progreſſionen folgt, daß das Licht dann in der Progreſſion: $1 - \frac{1}{x}$, $\frac{\left(1 - \frac{1}{x}\right)^2}{4}$, $\frac{\left(1 - \frac{1}{x}\right)^3}{9}$ u. ſ. w. abnehme.

Scherffer inſtitutiones phyſioae, P. II. S. 416. ff. 306. ff.

§. 661. Um die Schwächung des Lichts beym Durchgange durch durchſichtige Mittel zu meſſen, dient ebenfalls das vorhin erwähnte Rumfordſche Photometer (§. 656.). Minder genau und zuverläſſig ſind die von Bouguer und Lambert angeſtellten Verſuche.

Herr Graf von Rumford fand, daß das Licht einer Argandſchen Lampe beym Durchgange durch eine Tafel von hellem, durchſichtigen, gut polirten Spiegelglaſe in dem Verhältniſſe von 0,1864 zu 1,0000 geſchwächt wurde, oder daß nur 0,8136 der ganzen Lichtmenge, die auf die Glasfläche fiel, durch das Glas hindurch ging. Nach einem Mittel mehrerer Verſuche fand er den Lichtverluſt 0,1973; bey einer andern Glastafel von derſelbigen Glasart im Mittel 0,1869: durch beyde Glastafeln zuſammen war der Lichtverluſt nach einer Mittelzahl 0,3184. — Bey einer ſehr dünnen reinen Tafel von hellem weißen Fenſterglaſe war der Lichtverluſt nach einer Mittelzahl 0,1263. — Die Durchſichtigkeit der Luft fand Hr. Gr. von R. ſo groß, daß die Verminderung, welche das Licht beym Durchgange durch einige Fuße derſelben erleidet, unbemerkbar war. Beym Durchgange durch ſehr große Räume der Luft wird das Licht aber allerdings merklich geſchwächt, die Berechnungen aber, welche Bouguer und Lambert angeſtellt haben, beruhen auf gar keinen ſichern Datis.

Rumfords o. a. Abh. S. 43. ff.

Bouguer traité d'optique ſur la gradation de la lumière. à Paris 1729. 12. 1760. gr. 4. *I. Henr. Lambert* photometria, ſive de menſura et gradibus luminis, colorum et umbrae. Aug. Vind. 1760. 8.

Sauſſure's Diaphonometer. S. Grens neues Journ. der Phyſik. B. IV. S. 101. ff.

§. 662.

§. 662. Durch undurchſichtige Körper wird das Licht in ſeinem Fortgange unterbrochen. Dieſe Unterbrechung des Lichts nennt man **Schatten** (Umbra), deſſen Dunkelheit von der geringern oder größern Erleuchtung durch benachbarte erleuchtete Gegenſtände herrührt. Schatten iſt daher Abweſenheit des Lichts oder Verminderung deſſelben, und jeder opake Körper hat ſo viele Schatten, als ihn leuchtende Körper erhellen. Der Schatten iſt eigentlich keiner Bewegung fähig; und vollkommener Schatten iſt nur durch ſeine Grenzen erkennbar.

§. 663. Aus der gleichen Stärke zweyer Schatten, die ein und derſelbige dunkle Körper von zwey leuchtenden Körpern auf einerley Fläche wirft, und wovon alſo der dem einen Lichte zugehörige Schatten durch das andere Licht, und umgekehrt, erhellt wird, folgt die Gleichheit der Intenſität der Erleuchtung durch beyde leuchtende Körper; und daraus läßt ſich dann nach §. 657. weiter die Intenſität des Lichts bey ſeinem Ausfluſſe finden. Hierauf gründet ſich das Rumfordiſche Photometer.

§. 664. Nicht allein die Seite des dunkeln Körpers, auf welche keine Lichtſtrahlen von einem ſtrahlenden Puncte fallen, ſteht im Schatten, ſondern jener wirft auch einen Schatten auf andere hinter ihm ſtehende Körper, da die Lichtſtrahlen in gerader Linie fortgehen (§. 653.). Dieſe letztere Art des Schattens heißt **gerader Schatten** (Umbra recta), wenn er auf eine Horizontalebene fällt, auf welcher der dunkle

le Körper vertikal ſteht; und **umgekehrter Schatten** (Umbra verſa), wenn er auf eine gegen den Horizont vertical ſtehende Ebene durch einen horizontal ſtehenden dunkeln Körper, wie z. B. durch einen Stab, der in einer Mauer ſteckt, gemacht wird.

§. 665. Aus der geradlinigen Ausbreitung des Lichts folgt: daß die Figur des Schattens von den äußern Lichtſtrahlen, die an der Grenze des dunkeln Körpers zunächſt vorbeyſtreichen, beſtimmt werde; daß der Schatten des Körpers bey ſeinem Fortgange breiter werde, wenn der leuchtende Körper kleiner iſt, als der dunkle; daß der Schatten des Körpers abnehme, wenn der Durchmeſſer des leuchtenden Körpers bey derſelbigen Entfernung vom dunkeln Körper größer wird; daß der Schatten einer dunkeln Kugel cylindriſch ſey, wenn ſie gleichen Durchmeſſer mit der leuchtenden hat; coniſch, wenn ſie beyde ungleichen Durchmeſſer haben; daß im letztern Falle der Schatten die Figur eines umgekehrten abgekürzten Kegels habe, und bey ſeinem Fortgange unbegrenzt ſey und immer breiter werde, wenn der Durchmeſſer der dunkeln Kugel größer iſt, als der leuchtenden; und endlich, daß der Schatten in eine Spitze auslaufe, wenn der Durchmeſſer der leuchtenden Kugel größer iſt, als der dunkeln. Ferner iſt die Länge des geraden Schattens auf einer horizontalen Ebene ohne Grenzen, wenn der leuchtende Körper kleiner iſt, als der dunkle, und nicht höher ſteht, als der dunkle; ſteht er aber höher, als der dunkle, und iſt er als ein Punct zu betrachten, ſo iſt die Länge dieſes

ſes geraden Schattens begrenzt und verhält ſich zur Perpendicularhöhe des dunkeln Körpers, wie der Coſinus der Höhe des leuchtenden Körpers zum Sinus dieſer Höhe.

Es ſey (Fig. 59.) AB ein dunkler Körper, der auf der Horizontalebene BD vertical ſteht. In S ſey ein leuchtender Punct, der nun gegen die ihm zugekehrte Seite des Körpers AB Lichtſtrahlen ſendet. Die abgewendete Seite von AB ſteht aber dagegen im Schatten, und der Körper AB verhindert auch, daß in der Länge BC Licht auf die Horizontalebene BD falle. SAC iſt der erſte Lichtſtrahl, der von S auf die Ebene fallen kann, und begrenzt ſo die Länge des Schattens BC. Die Höhe des leuchtenden Punctes S über AB wird durch den Winkel SCB gemeſſen, deſſen Sinus AB iſt. Da BC dem Coſinus AF gleich iſt, ſo ſieht man leicht, daß CB : AB = AF : AB, oder daß ſich die Länge des Schattens zur Höhe des Objects verhält, wie der Coſinus der Höhe des leuchtenden Körpers zum Sinus dieſer Höhe.

Es folgt hieraus, daß, wenn die Höhe des leuchtenden Punctes über der Horizontalebene, auf welcher der dunkle Körper ſenkrecht iſt, 45° beträgt, die Länge des geraden Schattens gleich der perpendiculären Höhe des Objects iſt.

§. 666. Von dieſem wahren Schatten oder Kernſchatten (§. 662. — 665.) iſt noch der Halbſchatten (Penumbra) zu unterſcheiden, der zwiſchen Schatten und Licht liegt, wohin erleuchtende Strahlen nur von einigen Puncten des leuchtenden Körpers, nicht aber von allen fallen können. Er findet daher Statt, ſo oft der leuchtende Körper einen merklichen Durchmeſſer hat, und iſt um deſto größer, je größer der ſcheinbare Durchmeſſer des leuchtenden Körpers gegen den des dunkeln Körpers iſt.

Die Grenzen des Kernſchattens ſind da, wo, wenn ſich das Auge daſelbſt befände, der leuchtende Körper von demſelben ganz geſehen zu werden aufhören würde; und die Grenze des Halbſchattens iſt da, wo ein Theil des leuchtenden Körpers verdeckt zu werden anfängt. Es ſey (Fig. 60.) Sſ die Sonne, AB der Durchſchnitt einer auf der Horizontalebene BE ſenkrecht ſtehenden Mauer. So lange ſich das Auge in ED befindet, kann es die Sonne ganz ſehen; ſo wie es nach D kommt, wird der untere Rand ſ der Sonne die

Grenze von A zu berühren ſcheinen, und hier fängt der Halbſchatten an, der bis nach C reicht. Innerhalb CD kann zwar Licht von einigen, aber nicht von allen Puncten der Sonnenſcheibe fallen, und zwar immer von deſto wenigern, je näher der Raum gegen C zu liegt. In C iſt die Grenze des Kernſchattens, und ein Auge in C empfängt den äußerſten Strahl von dem obern Rande S der Sonnenſcheibe, und zwiſchen C und B kann es gar nichts mehr davon ſehen. Der Halbſchatten wird daher auch um deſto dunkler, je näher er der Grenze des Kernſchattens liegt, und verwiſcht ſich um deſto mehr, je näher er der Grenze der vollkommenen Erleuchtung kommt. Wird nun auch noch von andern Puncten zurückſtrahlendes Licht auf die im Halbſchatten liegende Fläche geworfen, ſo iſt er auch wohl gar nicht mehr gehörig in ſeiner Grenze zu unterſcheiden.

Aus dieſem Halbſchatten iſt es herzuleiten, warum bey Mondfinſterniſſen vor der wirklichen Verfinſterung der Mond ſchwächer erleuchtet zu werden anfängt. Es ſey (Fig. 61.) S die Sonne, T die Erde, L der Mond, AB ein Theil ſeiner Bahn um die Erde. Da der Durchmeſſer der Sonnenkugel größer iſt, als der der Erdkugel, ſo iſt der coniſche Kernſchatten der letztern begrenzt (§. 665.) und läuft in eine Spitze aus, wie VPp. Er wird begrenzt durch die Strahlen MQV und mqV. Man ziehe nPA und NpB, ſo beſtimmen dieſe die Grenze der anfangenden Halbſchatten AD und BC. Wäre ein Auge in A, ſo würde es noch die ganze Sonnenſcheibe zuletzt ſehen, innerhalb AD und BC aber nur einen Theil derſelben. So wie alſo der Mond in den Raum AD tritt, ſo empfängt er nicht mehr von der ganzen Sonnenſcheibe, ſondern nur von einem Theile derſelben, Licht; er erſcheint alſo minder erleuchtet, wird bläſſer oder dunkler, und dies um deſto mehr, je näher er nach D kommt, wo der wahre Schatten anfängt. Eben ſo iſt es bey ſeinem Austritte aus dem wahren Schatten bey C, wo er immer heller zu werden anfängt, je näher er nach E kommt.

Die Länge des Kernſchattens TV läßt ſich beſtimmen, wenn die Entfernung der Erde von der der Sonne TS = po, und der Halbmeſſer Tp der Erde und Sm der Sonne bekannt ſind. Die äußerſten Strahlen MP und mp berühren beyde Kugeln und laufen in V zuſammen. Wenn daher Sm und Tp auf der Tangente mpV ſenkrecht ſind, und qo mit TS parallel iſt, ſo ſind die Dreyecke moq und pTV ähnlich, und es iſt mo : oP (oder ST) = Tp : TV. mo aber iſt = Sm — Tp. Folglich iſt $TV = \frac{Tp \times ST}{Sm - Tp}$. Oder auch, weil die Dreyecke SMV und TPV ähnlich ſind, ſo iſt SM : TP = SV : TV, oder SM : TP = ST + TV : TV, folglich SM — TP : TP = ST : TV, und daher $TV = \frac{TP \times ST}{SM - TP}$; oder die Länge des Kernſchattens der Erde iſt gleich dem Producte aus dem Halbmeſſer der Erde

in

in die Entfernung des Mittelpuncts der Sonne vom Mittelpuncte der Erde, dividirt durch die Differenz des Halbmeſſers der Sonne und der Erde.

Zurückſtrahlung des Lichts.

§. 667. Die Lichtſtrahlen, welche durch einen Körper in ihrem Fortgange aufgehalten, ſonſt aber davon nicht angezogen werden, werden wieder zurückgeworfen. Dieſe Veränderung der Richtung des Lichts, wodurch es wieder in das Mittel, aus welchem es kommt, zurückgeſchickt wird, heißt die **Zurückſtrahlung** oder **Reflexion des Lichts** (Reflexio lucis); und das allgemeine Geſetz derſelben iſt: **daß der Einfallswinkel dem Reflexionswinkel gleich iſt.**

§. 668. Die phyſiſche Urſach der Zurückſtrahlung des Lichts von Flächen iſt die eigene Expanſivkraft des Lichts ſelbſt, beym Mangel der Anziehung zwiſchen der reflectirenden Fläche und der ganzen darauf fallenden Lichtmaſſe oder eines Theils derſelben. Die ſchief auffallenden Lichtſtrahlen werden nicht eigentlich unter einem ſcharfen Winkel zurückgeworfen, ſondern vor der Berührung erſt gekrümmt und in die Geſtalt einer Curve gebracht, deren erhabene Seite gegen die Fläche gekehrt iſt.

Man hat dieſe Zurückſtrahlung des Lichts nach den Geſetzen des Stoßes federharter Körper an harte Flächen (§. 299.) zu erklären geſucht, aber dabey offenbar die Expanſivkraft oder eigentliche Elaſticität mit der Federhärte (§. 126.) verwechſelt. Newton (Opt. L. II. P. 3. prop. 9.) leitet weit natürlicher die Zurückwerfung des Lichts von eben derſelbigen Urſach her, von der auch die Brechung abhängt, nur daß ſie unter verſchiedenen Umſtänden ſich anders äußert. Dasjenige Licht nämlich, das durch den Körper nicht hindurch geht oder von ihm nicht angezogen wird, wird durch die

die reflectirende Fläche ſo abgeſtoßen, als ob eine Repulſions-kraft in dieſer Fläche ſelbſt wäre. Er zeigte auch, daß die ſchief auffallenden Lichtſtrahlen nicht eigentlich unter einem ſpitzen Winkel zurückgeworfen, ſondern vor der Berührung erſt gekrümmt und in die Geſtalt einer Curve gebracht werden, deren erhabene Seite gegen die Fläche zu gekehrt iſt. Iſt dieſe Krümmung ſo ſtark geworden, daß die Lichttheilchen parallel gegen die Zurückſtrahlungsfläche gehen, ſo kann es ſich derſelben nicht weiter nähern, ſondern weicht nach dem Satze von der Zerlegung der Kräfte in eben der Bahn zurück, als es ankam, bis es, wenn es aus dem Wirkungskreiſe der Fläche getreten iſt, nach der Tangente der Curve geradlinig, und, wie leicht einzuſehen iſt, unter eben dem Winkel gegen die reflectirende Fläche, als es ankam, zurückſtrahlt. Der Strahl dringt deſto tiefer in den Wirkungskreis der Repulſion ein, je gerader er auf der zurückſtrahlenden Fläche ſteht.

Alles dieſes läßt ſich nun eben ſo erklären, wenn man annimmt, daß eine Expanſivkraft die Lichtmaterie ſelbſt afficirt, der, wenn ſie nicht durch Bindung oder Einſaugung des Lichts von der Materie des Körpers ganz aufgehoben wird, deſto mehr widerſtanden wird, je näher das Lichttheilchen der Materie kommt, die nicht damit cohärirt. Bey dem ſchief einfallenden Strahle läßt ſich nach der Lehre von der Zuſammenſetzung der Kräfte ſeine bewegende Kraft in eine perpendiculäre und parallele, in Anſehung der Fläche, auf welche er fällt, zerlegen. Es ſey LMNO (Fig. 62.) ein ſolcher reflectirender Körper, LM ſeine reflectirende Fläche, Ai ein ſchief darauf fallender Lichtſtrahl. Der Bewegung des Lichttheilchens werde ſchon in CD von der Fläche LM zu widerſtehen angefangen. Die Bewegung deſſelben in der Richtung Ai kann zerlegt werden in die Kräfte nach den Richtungen AP und Pi. Nur die Perpendiculärkraft Pi kann Widerſtand erleiden, nicht die Parallelkraft AP. Je mehr nun das Lichttheilchen unterhalb CD ſich der Fläche LM nähert, deſto mehr wird ſeine Expanſivkraft thätig, die es von LM zu entfernen ſtrebt. Die Perpendiculärgeſchwindigkeit Pi leidet deſto mehr Verminderung, je näher das Lichttheilchen gegen LM kommt. Die parallele AP kann keine erleiden. Der Lichtſtrahl beſchreibt alſo eine Curve io. Iſt das Lichttheilchen in o gekommen und ſeine vorige Perpendiculärgeſchwindigkeit Pi nun ganz aufgehoben, ſo würde es nach der mit der Fläche LM parallel laufenden Richtung fortgehen; die gegen LM aber thätig gewordene Expanſivkraft treibt es wieder nach der Richtung hE = iP; und da ſie immer um deſto kleiner wird, je weiter ſich das Lichttheilchen von LM entfernt, ſo beſchreibt es von o an die andere Hälfte der Curve oh eben ſo, als es bey ſeiner Ankunft io beſchrieb, und geht bey h, wo die Thätigkeit der Expanſivkraft nicht weiter zunimmt, nach der Tangente hB geradlinig fort. Ai und Bh ſind Tangenten der von dem Scheitel o der Curve gleich weit entfernten Puncte, und oi und oh ſind gleich; daher ſind

auch

auch die Winkel, welche die Tangenten Ai und Bh mit LM zu machen ſcheinen, oder AFL und BFM, gleich. Obgleich alſo das Licht nicht eigentlich unter ſcharfen Winkeln zurückgeworfen wird, ſo können wir doch in der Folge die Sache ſo betrachten, weil die Lichtſtrahlen eben ſo zurückgeworfen werden, daß, wenn ſie bis zur Berührung der reflectirenden Fläche verlängert würden, ſie daſelbſt einen ſcharfen Winkel bilden würden.

Carol. Benvenuti Diſſ. de lumine. Rom. 1754. Vienn. 1761. 4.

§. 669. Wenn man daher einen Sonnenſtrahl in einem finſtern Zimmer mit einem gemeinen Spiegel auffängt, ſo findet man, daß der Strahl von dem Spiegel in gerader Linie unter eben dem Winkel wieder zurückgeht, welchen der auffallende Strahl mit dem Spiegel machte. Es ſey AB (Fig. 63.) der Planſpiegel. Der Strahl DC, welcher von dem leuchtenden Körper nach dem Spiegel hingeht, heißt der **einfallende Strahl** (Radius incidens); die gerade Linie, welche auf den Einfallspunct C ſenkrecht gegen den Spiegel gezogen werden kann, oder FC, heißt das **Einfallsloth** (Cathetus incidentiae); der Winkel DCF, welchen der einfallende Strahl mit dieſem Einfallslothe macht, der **Einfallswinkel** (Angulus incidentiae); der Strahl CG, der vom Spiegel zurückgeht, der **zurückgeworfene Strahl** (Radius reflexus); und der Winkel GCF, welchen er mit dem Einfallslothe bildet, der **Zurückſtrahlungswinkel** (Angulus reflexionis).

§. 670. 1) **Der reflectirte Strahl liegt mit dem einfallenden und dem Einfallslothe in einerley Ebene.** 2) **Jeder perpendiculär auffallende Strahl** wird

wird von einer reflectirenden Ebene in ſich ſelbſt zurückgeworfen. 3) Jeder Punct einer reflectirenden Ebene reflectirt das Licht von allen Puncten des leuchtenden oder erleuchteten Objects.

§. 671. Aus dem allgemeinen Reflexionsgeſetze (§. 667.) folgt ferner, daß, wenn der reflectirende Körper eine **ebene Fläche** iſt, die darauf fallenden parallelen, divergirenden oder convergirenden Strahlen bey der Reflexion denſelben Parallelismum, dieſelbe Divergenz oder Convergenz behalten, die ſie vor dem Einfallen hatten.

1) Es ſey AB (Fig. 64.) eine reflectirende ebene Fläche, auf welche die parallelen Strahlen EC, ec auffallen. Da ſie parallel ſind, ſo ſind auch ihre Einfallswinkel ECD und ecd gleich; unter eben ſolchen Winkeln aber werden ſie zurückgeworfen. Da alſo die reflectirten Strahlen CF und cf eben die Winkel mit den Einfallslothen DC und dc machen, ſo ſind ſie auch noch, wie vorher, parallel.

2) Es ſey C (Fig. 65.) ein ſtrahlender Punct, von welchem die divergirenden Lichtſtrahlen CD und CF nach der ebenen Zurückſtrahlungsfläche AB gehen. Da ſie unter eben dem Winkel reflectirt werden, unter welchem ſie auffallen, ſo wird der Strahl CD von D nach E, und der Strahl CF von F nach G zurückgeworfen. Wenn wir nun dieſe reflectirten Strahlen rückwärts hinter der Ebene AB verlängern, ſo laufen ſie in c zuſammen, und der Winkel DcF iſt gleich dem Winkel DCF. Sie fahren alſo nach der Reflexion nicht früher und nicht ſpäter aus einander, als ſie es gethan haben würden, wenn ſie von c ausgegangen wären, und der Winkel ihrer Divergenz iſt derſelbige.

3) Es fahren die Strahlen ED und GF (Fig. 66.) ſo gegen die reflectirende Ebene AB, daß, wenn dieſe nicht da wäre, ſie zuſammenlaufen würden. Sie werden davon aber unter dem Winkel reflectirt, unter welchem ſie auffielen, und der Strahl ED geht nach f, der Strahl GF auch nach f. Wenn wir die einfallenden Strahlen in Gedanken hinter der Fläche AB verlängern, ſo laufen ſie in C zuſammen und bilden den Winkel der Convergenz DCF gleich dem Winkel DfF. Sie fahren alſo nach der Reflexion nicht früher und ſpäter zuſammen, als ohne die Reflexion. Ihre Convergenz bleibt alſo dieſelbige.

§. 672.

§. 672. Wenn aber auch die reflectirende Fläche nicht eben, ſondern krumm, z. B. ſphäriſch iſt, ſo läßt ſich aus dieſem allgemeinen Geſetze der Reflexion der Weg der reflectirten Strahlen ebenfalls beſtimmen, da man die Elemente dieſer Fläche als aus unendlich kleinen einen Winkel einſchließenden geraden Flächen beſtehend anſehen kann, und ein Lichtſtrahl nur auf einen Punct fällt.

§. 673. 1) Der Lichtſtrahl, welcher auf eine **concave ſphäriſche reflectirende Fläche** fällt und durch den Mittelpunct der Kugel geht, wovon die Fläche einen Theil begrenzt, wird in ſich ſelbſt zurückgeworfen, da er ſenkrecht darauf ſteht. 2) Lichtſtrahlen, welche parallel mit einander auf eine concave ſphäriſche reflectirende Fläche fallen und der Achſe der Fläche unendlich nahe ſind, nähern ſich nach der Reflexion und vereinigen ſich in einem Puncte, welchen man den **Brennpunct** oder **Vereinigungspunct paralleler Strahlen**, oder auch ſchlechtweg den **Brennpunct** (Focus) nennt. Dieſe Strahlen treffen in der Entfernung des halben Halbmeſſers der Kugelfläche zuſammen. Dieſe Entfernung heißt die **Brennweite** (Diſtantia focalis). 3) Wenn aus dem Brennpuncte divergirende Strahlen nach der concaven ſphäriſchen Fläche zu gehen, ſo werden ſie alle parallel zurückgeworfen werden; folglich wird das Licht dadurch auf eine große Weite ungeſchwächt fortgepflanzt. 4) Ueberhaupt werden divergirende Strahlen von dieſer Fläche als weniger divergirend, oder als parallel, oder als convergirend zurückgeworfen, je nachdem

dem die Entfernung des ſtrahlenden Punctes von der Fläche kleiner oder größer iſt. Convergirende Strahlen aber werden als mehr convergirend zurückgeworfen. 5) Wenn endlich die auffallenden Strahlen bey dieſer concaven ſphäriſchen Fläche aus dem Mittelpuncte der Kugelfläche kommen, ſo werden ſie alle in ſich ſelbſt zurückgeworfen, da ſie alle auf der Fläche ſenkrecht ſtehen. Wenn wir die Diſtanz des ſtrahlenden Punctes von der reflectirenden hohlen ſphäriſchen Fläche d, den Radius der Krümmung dieſer Fläche r nennen, ſo iſt in allen Fällen die Entfernung des Vereinigungspunctes der darauf fallenden Strahlen nach der Reflexion von der Fläche, oder die Brennweite,

$$x = \frac{dr}{2d - r}.$$

1) Alle dieſe Sätze laſſen ſich leicht aus dem allgemeinen Reflexionsgeſetze (§. 667.) herleiten, und es läßt ſich durch Zeichnung und Rechnung der Weg der Lichtſtrahlen bey der Reflexion beſtimmen. Es ſey z. B. DBd (Fig. 67.) eine concave ſphäriſche reflectirende Fläche, C das Centrum dieſer Kugelfläche, CB der Radius der Krümmung der Fläche, A der ſtrahlende Punct, und ſeine Entfernung von der reflectirenden Fläche AB. Der Strahl AB geht durch den Mittelpunct C der Krümmung; er ſteht folglich ſenkrecht auf der Fläche DBd, und wird alſo in ſich ſelbſt reflectirt. Es gehe nun ein Strahl AD und Ad nach der Fläche, ſo werden dieſe unter dem Winkel reflectirt werden, unter welchem ſie auffallen. Man ziehe deshalb die Einfallslothe CD und Cd, und mache den Winkel CDF = CDA, ingleichen CdF = CdA, ſo ſind DF und dF die reflectirten Strahlen, die ſich in F vereinigen, und F iſt alſo der Brennpunct oder Focus dieſer Strahlen. Um nun des Brennpunctes F Abſtand BF = x von der concaven ſphäriſchen Fläche durch Rechnung zu beſtimmen und eine Formel dazu zu finden: ſo wollen wir ſetzen, daß der Strahl AD der Achſe AB unendlich nahe komme, oder daß der Bogen BD unendlich klein ſey; und FB wird für FD und AB für AD genommen werden können. Da die Winkel CDA und CDF gleich ſind, ſo iſt AD : DF = AC : CF. Da wir nun AD = AB = d, und DF = BF = x nehmen, und BC = r geſetzt wird; ſo iſt AC = d — r, FC = r — x. Wenn wir nun dies in der vorigen Formel ſubſti-

ſubſtituiren, ſo haben wir das Verhältniß: $d:x = d - r : r - x$, woraus wir $dr - dx = dx - rx$, oder $dr = 2dx - rx$, und $\frac{dr}{2d - r} = x$, als die geſuchte Größe, erhalten; oder die Entfernung des Brennpunctes $FB = \frac{AB \times BC}{2AB - BC} = \frac{AB \times BC}{AB + AC}$, was allgemein die Diſtanz des Focus von den hohlen Kugelflächen ausdrückt.

2) Wenn AB oder d, d. i., die Entfernung des leuchtenden Punctes, ſo groß iſt, daß der Radius BC der reflectirenden Kugelfläche, als unendlich klein, dagegen verſchwindet, ſo wird AB = AC geſetzt werden können; dann verwandelt ſich die vorige Formel: $x = \frac{dr}{2d - r}$, in $\frac{\infty\, r}{2\, \infty} = \frac{1}{2} r$, oder $FB = \frac{AB \times BC}{2AB} = \frac{BC}{2}$, oder der Brennpunct iſt um die Hälfte des Halbmeſſers der Kugelfläche von derſelben entfernt. Wenn alſo die Strahlen als parallel anzuſehen ſind, ſo iſt die Entfernung des ſtrahlenden Punctes in Vergleichung mit dem Radius der Kugelfläche für unendlich groß zu halten, und der Vereinigungspunct dieſer parallel einfallenden Strahlen nach der Reflexion iſt $\frac{1}{2}$ r. Es ſeyen alſo GK, DE, dg (Fig. 68.) parallel auf die hohle Kugelfläche AB einfallende Strahlen, ſo wird der Strahl DE in ſich ſelbſt zurückgeworfen, da er durch das Centrum C der Kugelfläche geht; der Strahl GK wird nach f, und der Strahl dg auch nach f zurückgeworfen, und ihr Vereinigungspunct oder Focus iſt f, deſſen Abſtand von der Kugelfläche $fE = \frac{1}{2} CE = \frac{1}{2} r$ iſt, wo r den Radius der Krümmung ausdrückt. — Eigentlich kommen nur diejenigen Strahlen in einem Puncte hier zuſammen, die der Achſe DE unendlich nahe ſind; die weiter davon entferuten vereinigen ſich immer um deſto früher mit der Achſe, weil ſie deſto ſchiefer auf der Fläche ſtehen und alſo unter einem deſto kleinern Winkel zurückgeworfen werden.

3) So lange die Diſtanz des ſtrahlenden Punctes von der reflectirenden hohlen Kugelfläche oder AB (Fig. 67.) größer iſt, als der Radius der letztern, oder als BC, ſo lange bleibt der Vereinigungspunct F der Strahlen innerhalb des Mittelpunctes C und der reflectirenden Fläche enthalten. Denn wenn AB > BC (oder $d > r$), ſo iſt $2AB - BC > AB$ (oder $2d - r > d$), weil $2AB - AB = AB$ (oder $2d - d = d$); da nun $FB = \frac{AB \times BC}{2AB - BC}$ $\left(\text{oder } x = \frac{dr}{2d - r}\right)$, und $BC = \frac{AB \times BC}{AB}$ $\left(\text{oder } r = \frac{dr}{d}\right)$, ſo iſt auch FB < BC oder $x < r$, oder die Diſtanz des Vereinigungspunctes der reflectirten Strahlen iſt kleiner, als der Radius.

4) Wenn AB = BC oder d = r wird, ſo wird die Formel: $FB = \frac{AB \times BC}{2AB - BC}$, in $\frac{BC^2}{2BC - BC} = BC$, oder $x = \frac{dr}{2d - r}$ in $\frac{r^2}{2r - r} = r$ verwandelt. Dies heißt: Die Strahlen, die aus dem Mittelpuncte der Kugelfläche gegen dieſelbe fahren, werden in ſich ſelbſt zurückgeworfen, und ihr Vereinigungspunct iſt das Centrum der Kugelfläche ſelbſt.

5) Wenn der ſtrahlende Punct im Brennpuncte paralleler Strahlen (2), oder wenn $AB = \frac{BC}{2}$, oder $d = \frac{1}{2} r$ iſt, ſo wird in der vorigen Formel (1) $2AB - BC = 0$ oder $2d - r = 0$, und dann iſt der Focus, oder FB, $= \frac{AB \times BC}{0}$, oder $x = \frac{dr}{0}$. Es verhält ſich aber $0 : BC = AB : \infty$, oder $0 : r = d : \infty$, folglich iſt FB oder $x = \infty$. Das heißt: Die Strahlen laufen gar nicht oder in der unendlichen Entfernung nach der Reflexion zuſammen, oder ſie werden parallel zurückgeworfen. Wenn alſo (Fig. 68.) BA ein ſphäriſcher Hohlſpiegel, und deſſen Radius CE iſt, und es befindet ſich in f in der Entfernung von $\frac{1}{2}$ Ec von der Spiegelfläche, als dem Brennpuncte paralleler Strahlen, ein ſtrahlender Punct, ſo werden die Strahlen fK und fg durch Reflexion KG und gd parallel mit der Achſe ED.

6) Wenn AB oder d (1) kleiner iſt als $\frac{1}{2}$ BC oder $\frac{1}{2}$ r, oder $2d < r$, d. h., wenn die Entfernung des ſtrahlenden Punctes von der hohlen ſphäriſchen Fläche kleiner iſt als der halbe Radius, oder als die Brennweite paralleler Strahlen, ſo wird FB oder x in der Formel zu einer negativen Größe, und die reflectirten Strahlen werden divergirend, und wieder rückwärts in Gedanken verlängert hinter der reflectirenden Fläche zuſammenfahren. So iſt es nach Fig. 69. Es ſey AP eine ſphäriſche reflectirende concave Fläche; der ſtrahlende Punct ſey in d, und ſeine Entfernung von der Fläche ſey kleiner, als $\frac{1}{2}$ CB, oder kleiner als FB. Es gehen von ihm die divergirenden Strahlen dg und dh nach der Fläche hin; man ziehe die Einfallslothe Cg und Ch, und nehme die Winkel CgK und Chl ſo groß als dgC und dhC, ſo ſind gK und hl die reflectirten Strahlen, die divergirend ſind, und ſo aus einander fahren, als ob ſie von dem Puncte D hinter der Fläche herkämen. Da der Winkel gDh < gdh, ſo iſt auch die Divergenz der reflectirten Strahlen kleiner, als die der einfallenden.

Divergirende Strahlen werden alſo bey dieſer Reflexion nach der verſchiedenen größern oder kleinern Entfernung des ſtrahlenden Punctes von der concaven ſphäriſchen Fläche entweder convergirend (Fig. 67.), oder parallel (Fig. 68.), oder in ihrer Divergenz vermindert (Fig. 69.).

Wenn

Wenn (Fig. 69) die convergirenden Strahlen Kg und lh auf dieſe Fläche fallen, ſo werden ſie durch Reflexion in d zuſammenlaufen. Ohne Reflexion würden ſie es in D gethan haben. Da nun der Winkel gdh > gDh, ſo iſt ihre Convergenz vermehrt.

§. 674. Wenn die concave reflectirende Fläche die Krümmung einer Ellipſe hat, und der ſtrahlende Punct ſteht in dem einen Brennpuncte dieſer elliptiſchen Krümmung, ſo werden die divergirenden Strahlen durch die Reflexion alle nach dem andern Brennpuncte der Ellipſe hingeworfen.

§. 675. Wenn die concave reflectirende Fläche die Krümmung einer **Parabel** hat, ſo werden alle Strahlen, welche mit der Achſe parallel auf dieſe Fläche fallen, durch die Reflexion genau in dem Brennpuncte der Parabel geſammelt; und die aus dieſem Brennpuncte auf die Fläche gehenden divergirenden Strahlen werden durch Reflexion zu parallelen.

§. 676. Bey **convexen reflectirenden ſphäriſchen Flächen** verhält es ſich mit den nicht ſenkrecht auffallenden reflectirten Strahlen umgekehrt wie bey den hohlen Kugelflächen (§. 673.). 1) Parallel auffallende laufen nach der Reflexion aus einander, und werden ſolcher Geſtalt zerſtreuet und divergirend. Die reflectirten Strahlen rückwärts, in Gedanken verlängert, treffen in einem **eingebildeten Brennpuncte** zuſammen, der auch um die Hälfte des Halbmeſſers der Kugelfläche hinter derſelben liegt. 2) Convergirende Lichtſtrahlen, welche verlängert in dieſem eingebildeten Brennpuncte zuſammentreffen würden, werden natürlicher Weiſe von der Kugelfläche als paral-

lel reflectirt. 3) Ueberhaupt wird die Convergenz der darauf fallenden convergirenden Strahlen nach der Reflexion vermindert; und 4) die Divergenz der divergirend darauf fallenden nach der Reflexion vermehrt. Wenn wir den Abſtand des ſtrahlenden Punctes von der reflectirenden convexen ſphäriſchen Fläche d, den Radius ihrer Krümmung r nennen, ſo iſt die Diſtanz des eingebildeten Brennpunctes hinter der Kugelfläche $x = \frac{dr}{2d + r}$.

Es ſey nämlich (Fig. 70.) ba eine convexe ſphäriſche Fläche, ihr Centrum C, der Radius ihrer Krümmung AC = r. Der ſtrahlende Punct befinde ſich in O. Der Strahl OA ſteht ſenkrecht auf der Fläche ab; denn verlängert würde er C oder den Mittelpunct der Kugelfläche treffen: er wird alſo in ſich ſelbſt zurückgeworfen. Dieſer Achſe OA der Kugelfläche unendlich nahe falle der Strahl OI auf die Fläche. Man ziehe das Einfallsloth CIQ, ſo beſtimmt dies den Winkel OIQ; man mache damit den Winkel QIR gleich, ſo iſt der Reflexionswinkel gleich dem Einfallswinkel, und IR iſt der Weg des reflectirten Strahls. Verlängert man dieſen rückwärts von I nach F, ſo wird er mit dem ebenfalls verlängerten OA in F zuſammentreffen, und F iſt alſo der eingebildete Brennpunct hinter der reflectirenden Fläche.

Um nun eine allgemeine Formel für die Entfernung dieſes imaginären Brennpunctes zu finden, verfährt man, wie bey den concaven ſphäriſchen Flächen (§. 673. Anm.) geſchehen iſt. Die gegen über ſtehenden Winkel RIQ und CIF ſind gleich, und da RIQ = OIQ iſt, ſo iſt auch OIQ = CIF; und die Winkel OIQ und CIO haben einerley Sinus. Da wir den Strahl IO der Achſe AO unendlich nahe nehmen, ſo können wir auch IO = AO und FI = FA ſetzen; AO aber iſt der Abſtand des leuchtenden Punctes von der Fläche ab und = d. Es ſey ferner AC = r, und die Entfernung des Brennpunctes FA = x; ſo iſt OC = d + r, IF = AF = x, CF = r — x. In dem Dreyecke ICO iſt IO : CO = ſin. ICF : ſin. CIO (oder ſin. QIO = ſin. CIF). Ferner iſt in dem Dreyecke CIF, IF : CF = ſin. ICF : ſin. CIF. Es iſt demnach IO : CO = IF : CF. Subſtituiren wir dafür den angenommenen Werth dieſer Ausdrücke, ſo haben wir $d : d + r = x : r - x$. Hieraus erhalten wir $dr - dx = dx + rx$, und $x = \frac{dr}{2d + r}$,

oder

oder $FA = \frac{AO \times CA}{2AO + CA}$.

Man ſieht leicht, daß der Brennpunct immer innerhalb des Centrums C und der Fläche ab fallen müſſe, der Werth von d oder AO mag werden, wie er will. Die converen ſphäriſchen Spiegel haben alſo nur einen eingebildeten Brennpunct für divergirende und parallele Strahlen, die Strahlen mögen kommen, wie ſie wollen. Wird AO oder d unendlich groß in Vergleichung mit r, oder werden die einfallenden Strahlen mit der Achſe parallel, ſo iſt $x = \frac{\infty r}{2 \infty} = \frac{r}{2} = \frac{1}{2} r$, und die reflectirten Strahlen rückwärts in Gedanken verlängert, treffen in der Hälfte des Halbmeſſers der Kugelfläche hinter derſelben zuſammen (Fig. 71.). Gehen die Strahlen umgekehrt, als convergirende ſo, daß ſie nach dieſem Brennpuncte zu gerichtet ſind, wie ti und RI (Fig. 71.), ſo werden ſie durch Reflexion zu parallelen.

Iſt die Convergenz der Strahlen noch größer, ſo daß ſie noch vor dem Brennpuncte der parallelen Strahlen zuſammentreffen würden, wie (Fig. 70.) RI und OA, ſo werden ſie wenigſtens in der Convergenz vermindert; denn $IOA < RFO$.

§. 677. Eine jede Fläche, welche recht glatt oder polirt iſt und das Licht ordentlich reflectirt, heißt ein **Spiegel** (Speculum). Jeder ſichtbare Körper reflectirt zwar das Licht, weil er ſonſt nicht ſichtbar wäre; aber weil die Theilchen gegen einander eine ſehr mannigfaltige Lage haben, ſo reflectiren ſie das Licht nicht ohne Verwirrung, und es thut es nicht ein Punct, wie der andere, wie ein eigentlicher Spiegel thun muß.

§. 678. Indeſſen giebt es keinen vollkommenen oder mathematiſchen Spiegel, deſſen Oberfläche gar keine Unebenheiten oder Vertiefungen hätte. Ein ſolcher Spiegel würde nicht ſichtbar ſeyn, ſondern an ſeiner Stelle die Bilder der Körper, von welchen er Erleuchtung erhält.

§. 679. Die Materien, woraus die Spiegel zum optiſchen Gebrauch verfertigt werden, können mancherley ſeyn. Man wählt aber gewöhnlich dazu ſolche Stoffe, denen man nicht allein eine bequeme Geſtalt leicht geben, ſondern deren Oberfläche durch Schleifen und Poliren glatt genug gemacht werden kann. Das Glas läßt ſich zwar fein und glatt poliren und durch Belegung auf der andern Seite völlig undurchſichtig machen, aber es wird auch wegen der dadurch entſtehenden doppelten Abbildung der Sachen wieder untauglich. Eigentlich ſind alle gläſerne Spiegel Metallſpiegel, denn die Metallfläche der Belegung ſpiegelt eigentlich. Die metallenen Spiegel würden daher Vorzüge haben, wenn man ſie nicht aus unedeln Metallen zu machen durch die Umſtände genöthigt wäre, wo ſie aber dem Anlaufen an der Luft und durch Dünſte ausgeſetzt ſind. Die reine Platina würde in dieſer Rückſicht alle Vorzüge in ſich vereinigen, da ſie hart genug iſt, um eine feine Politur anzunehmen, ohne dem Anlaufen an der Luft unterworfen zu ſeyn. Silber und Gold nehmen wegen ihrer Weiche nicht Politur genug an. Indeſſen überzieht man doch auch andere harte und polirte Körper mit Blattgold oder Blattſilber und giebt ihm durch Poliren die Spiegelfläche.

Anweiſung, die beſte Compoſition zu den metallenen Spiegeln der Teleſkope zu machen, von J. Mudge, a. d. *philoſ. transact.* Vol. LXVII. P. I. S. 296., überſ. in den Samml. zur Phyſ. und Naturgeſch. B. I. S. 584.

Das Glas, das zu Spiegeln genommen wird, muß auf der hintern Fläche eben ſo gut, als auf der vordern, und zwar noch genauer geſchliffen und polirt ſeyn, weil die hintere Fläche eben wegen der Zurückſtrahlung von dem

Metalle

Metalle der Belegung das Bild hervorbringen hilft. Iſt dieſe hintere Fläche rauh und uneben, ſo iſt es auch das darauf liegende Metall, und dann wird die Regelmäßigkeit der Zurückſtrahlung geſtört. Wenn gleich das Glas ſehr durchſichtig iſt, ſo iſt es doch nicht in allen Puncten durchſichtig; es wirft allerdings einen Theil des darauf fallenden Lichts von ſeiner vordern Fläche und von ſeiner innern Maſſe zurück. Daher ſpiegelt auch die vordere Fläche der gläſernen Spiegel und macht Bilder, obgleich weit ſchwächere, als die hintere belegte Fläche. Dieſe Bilder decken ſich zwar einander, doch nicht vollkommen; und der weit ſtärkere gleichzeitige Eindruck des weit lebhaftern Bildes von der hintern Fläche verwiſcht den des weit ſchwächern von der vordern Fläche; immer aber entſteht doch dadurch einige Undeutlichkeit, die beſonders an den Rändern und Säumen der Bilder wahrzunehmeu iſt. Dickere gläſerne Spiegel ſind aus der angeführten Urſach, bey übrigens gleichen Umſtänden, nicht ſo gut, als dünnere. Dieſes doppelte Bild von gläſernen Spiegeln läßt ſich am beſten an einer Lichtflamme wahrnehmen, die davor iſt, wenn man von der Seite gegen deu Spiegel ſieht.

§. 680. Eben weil kein Spiegel ein vollkommener Spiegel iſt, ſo wird auch bey der Reflexion von demſelben immer ein Theil des Lichts zerſtreuet und geht ſolcher Geſtalt für die regelmäßige Zurückſtrahlung verloren. Dieſer Theil iſt deſto größer, je unvollkommener der Spiegel iſt.

Hr. Graf von Rumford fand durch ſeine photometriſchen Verſuche den Lichtverluſt bey der Reflexion vom beſten Ramsdenſchen gläſernen Planſpiegel 0,3494 der ganzen darauf fallenden Lichtmaſſe; bey einem ganz gemeinen Glasſpiegel gar 0,4816. (a. a. O. S. 47.)

§. 681. Sonſt ſind die Spiegel in Rückſicht ihrer Figur entweder **ebene Spiegel** (Specula plana) oder **krumme Spiegel** (Specula curva); die letztern entweder **convexe** (Specula convexa) oder **concave** (Specula concava), und zwar nach der Verſchiedenheit ihrer Krümmung entweder **ſphäriſche** oder **elliptiſche**, **paraboliſche**, **hyperboliſche**, **cylindriſche**, **coniſche**. Von der Zurückſtrahlung der Licht-

ſtrahlen von dieſen Spiegeln gilt alles das, was wir oben von den reflectirenden Flächen geſagt haben.

§. 682. Wenn vor einen vertical ſtehenden **Planſpiegel** (§. 681.) ein erleuchtetes oder leuchtendes Object geſtellt wird, ſo ſieht das Auge das **Bild** dieſes Gegenſtandes (Imago obiecti) hinter dem Spiegel; und zwar ſehen wir **das Bild eines Punctes in dieſen Planſpiegeln da, wo der rückwärts verlängerte reflectirte Strahl die Perpendikellinie vom Puncte auf und durch den Spiegel gezogen durchſchneidet;** oder eigentlicher: wir ſehen **jeden Punct des Objectes hinter dem Spiegel da, wo die reflectirten Strahlen von zwey einfallenden divergirenden des Punctes rückwärts verlängert ſich durchſchneiden.** Denn hier kommt die Spitze des verlängerten Lichtkegels zu ſtehen, welcher ſeine Grundfläche auf der Pupille unſers Auges hat.

Es ſey (Fig. 72.) C ein ſtrahlender Punct vor dem Planſpiegel AB. Er ſendet Lichtſtrahlen nach allen Richtungen um ſich her; es fällt alſo auch unter andern ein Strahl Cb auf den Planſpiegel in b, und ein Strahl Cf in f auf, die wir als die äußern des Strahlenkegels bCf anſehen wollen. Beyde Strahlen werden unter eben den Winkeln reflectirt, unter denen ſie auffielen, und der Strahl Cb wird nach g, der Strahl CF nach h geworfen. — gh ſey die Pupille des Auges, die die Grundfläche des abgeſtumpften Strahlenkegels bfgh empfängt. Verlängern wir die reflectirten Strahlen bg und fh rückwärts hinter dem Spiegel, ſo ſchneiden ſie ſich in F; und hier iſt der Ort des Bildes. Es empfängt nämlich das Auge den Strahlenkegel, der von dem Spiegel zurückgeworfen wird, eben ſo, als ob ſeine Spitze in F wäre, und er afficirt das Organ eben ſo, und nicht anders; folglich erzeugt ſich in uns das Urtheil, als ob der ſtrahlende Punct in F wäre, oder wir ſetzen den ſtrahlenden Punct nach F hin. Da die Divergenz der Strahlen von ebenen reflectirenden Flächen nicht geändert wird (§. 671.), ſo werden auch die hinter dem Spiegel verlängerten reflectirten Strahlen nicht früher oder ſpäter ſich ſchneiden, als bC und fC rückwärts ge-

nom-

nommen; oder die Convergenz derſelben in F wird dieſelbige ſeyn, als die Divergenz der einfallenden in C war: folglich liegt F ſo weit hinter dem Spiegel, als C davor iſt, und der Ort des Bildes iſt da, wo die rückwärts verlängerten reflectirten Strahlen von zwey divergirend einfallenden eines ſtrahlenden Punctes ſich durchſchneiden würden.

Oder man ziehe vom ſtrahlenden Puncte C die Perpendiculärlinie Ca auf den Planſpiegel AB, und verlängere ſie hinter dem Spiegel. Die reflectirten Strahlen gb und hf, ebenfalls hinter dem Spiegel verlängert, durchſchneiden jene Perpendikellinie in F. Da die bey a rechtwinkligen Dreyecke Cab, Fab die Seite ab mit einander gemein haben, und der Winkel abF = Bbg = Cba; ſo iſt auch aF = aC, oder der reflectirte Strahl bg ſchneidet bey ſeiner Verlängerung das Perpendikel CaF in einem Puncte F, der ſo weit hinter dem Spiegel iſt, als der ſtrahlende Punct C davor liegt. Eben dies gilt von jedem andern von C kommenden reflectirten Strahle, wie fh. Hier in F iſt alſo der Ort des Bildes vom Puncte C; folglich kann man auch ſagen: Der Ort des Bildes hinter dem Planſpiegel iſt da, wo die Perpendikellinie vom ſtrahlenden Puncte auf den Spiegel gezogen und dahinter verlängert, vom rückwärts verlängerten reflectirten Strahle durchſchnitten wird.

Dieſe letztere Regel kannten die ältern Optiker ſchon. Sie zeigt uns indeſſen keinen phyſiſchen Grund an, warum das Auge das Bild des Punctes C in F ſieht; und iſt alſo im Grunde nur eine Formel, den Ort des Bildes im Planſpiegel durch Zeichnung zu beſtimmen. Die erſtere Regel hingegen enthält zugleich einen phyſiſchen Grund. Barrow (Lectiones opticae. Lond. 1674. 4.) hat ſie zuerſt deutlich entwickelt. Sie läßt ſich auch auf krumme Spiegel anwenden, da die Regel der Alten nur für Planſpiegel allein gilt.

Da wir Planſpiegel auch für ſolche ſphäriſche Hohlſpiegel anſehen können, deren Radius unendlich groß iſt, ſo läßt ſich auch die oben (§. 673. Anm.) angeführte allgemeine Formel für den Vereinigungspunct der reflectirten Strahlen anwenden. Da nämlich $r = \infty$ geſetzt werden muß, ſo verwandelt ſich die Formel $x = \frac{dr}{2d - r}$ in $\frac{d\,\infty}{-\infty} = -d \cdot aF$ (Fig. 72.), iſt alſo gleich aC und ſteht wegen des negativen Zeichens hinter dem Spiegel; oder die reflectirten Strahlen werden, rückwärts verlängert, in eben der Diſtanz hinter dem Spiegel zuſammenlaufen, als der Punct der Divergenz vor dem Spiegel ſteht.

§. 683. Es läßt ſich hieraus leicht darthun: 1) Warum das Bild im Planſpiegel eben ſo weit dahinter

hinter iſt, als das Object davor ſteht, und warum jenes ſich dieſem nähert, ſo wie dieſes dem Spiegel näher rückt; 2) daß das Bild dem Objecte gleich und ähnlich ſeyn müſſe; 3) daß die rechte Seite der Objecte im Bilde links, die linke rechts erſcheinen müſſe; 4) warum alle Perſonen das Bild des Objects hinter dem Spiegel an einem und eben demſelben Orte ſehen; 5) warum die Bilder nicht die Deutlichkeit oder Stärke des Lichts haben, als die Objecte ſelbſt; und 6) warum ein Spiegel, worin ein Menſch ſich ganz ſehen ſoll, nur halb ſo groß und breit zu ſeyn brauche, als der Menſch.

1) Der erſte Satz erhellet aus der Anm. zum vorigen §. 2) Der zweyte Satz wird aus §. 671. klar: denn weil der Planſpiegel die Divergenz der darauf fallenden Strahlen nicht ändert, ſo ſendet er die von den verſchiedenen ſtrahlenden Puncten, deren Stellung gegen einander die Figur des Objects beſtimmt, auf ihn fallenden Lichtkegel eben ſo bey der Reflexion zum Auge, als wie ſie dies von dem Objecte ſelbſt empfangen würde, wenn das Object ohne den Spiegel eben ſo weit vom Augezentfernt wäre, als die Spitze des verlängerten Lichtkegels jedes Punctes vom Auge iſt. 3) Der dritte Satz folgt natürlich daraus, daß z. B. das Bild unſerer Perſon, wenn wir uns darin betrachten, uns direct entgegen ſteht, daher unſere rechte Hand im Bilde zur linken werden muß, nämlich nur in ſo fern, als wir das Bild auf unſer Object beziehen. 4) Der vierte Satz iſt eine Folge der Regeln des §. 682., und wenn das Object an ſeinem Orte bleibt, ſo bleibt für alle die einzelnen Lichtſtrahlen, die vom Objecte auf den Spiegel, und von da zu den einzelnen Augen kommen, bey der Verlängerung der reflectirten Strahlen hinter dem Spiegel derſelbige Durchſchnittspunct der Perpendikellinie, die vom Objecte auf den Spiegel gezogen und dahinter verlängert werden kann; oder der Ort des Bildes bleibt unverändert. 5) Der fünfte Satz folgt aus der Unvollkommenheit aller unſerer Spiegel (§. 680.), wodurch verurſacht wird, daß wegen der vielfachen, obgleich unmerklichen, Vertiefungen und Erhöhungen nicht alles auf den Spiegel vom Objecte fallende Licht genau eben ſo wieder ins Auge reflectirt werden kann, als es das Auge vom Objecte ſelbſt erhalten würde, ſondern ein Theil anders wohin zerſtreuet wird. Auch wird wohl nach der verſchiedenen Natur der Spiegelmaterie mehr oder weniger Licht verſchluckt, oder verliert ſeine

ſeine Expanſivkraft und Strahlung. 6) Der ſechste Satz läßt ſich durch Zeichnung leicht beweiſen. Es ſey (Fig. 73.) AB ein vertical ſtehender Planſpiegel, vor welchem ein Object vertical ſteht. Die Linie CD ſtellt die ſenkrechte Höhe einer Perſon vor, deren Auge in O ſey. Wir brauchen hier nur die Lage der Bilder des oberſten und unterſten Punctes von CD zu beſtimmen. Es geht von C ein Strahl Cg nach dem Spiegel, der unter eben dem Winkel zurückgeworfen wird und nach O ins Auge gelangt. Dieſer Strahl Og rückwärts verlängert, durchſchneidet das Einfallsloth Cc in c; und hier iſt alſo der Ort des Bildes von C. Vom unterſten Puncte D geht ein Strahl von D nach i auf den Spiegel, und gelangt durch Reflexion von i nach O ins Auge; und dieſer verlängerte reflectirte Strahl durchſchneidet das Einfallsloth Dd in d, wo alſo das Auge das Bild von D ſieht. Was von dieſen beyden äußerſten Puncten des Objects gilt, gilt auch von allen dazwiſchen liegenden, und das Auge ſieht das ganze Object im Bilde cd. Der Augenſchein lehrt, daß nur der Theil des Spiegels AB, der zwiſchen g und i liegt, zur Reflexion der Strahlen, die von CD nach dem Spiegel kommen, und ins Auge O gelangen ſollen, diene. ig iſt aber nur $\frac{1}{2}$ CD, weil cd = CD, und Ca = ca, folglich Ca = $\frac{1}{2}$ Cc und gi = $\frac{1}{2}$ cd = $\frac{1}{2}$ CD. Was von der Höhe des Objects gilt, gilt auch von der Breite; und überhaupt bey jeder Entfernung.

§. 684. Ferner läßt ſich daraus beweiſen, warum in einem Planſpiegel, der unter einem halben rechten Winkel gegen den Horizont geneigt iſt, die Bilder von horizontal darunter liegenden Objecten aufrechts und perpendiculär, die von perpendiculären aber horizontal erſcheinen.

Der Perſpectivkaſten.

Es ſey CD (Fig. 74.) ein Planſpiegel, der unter einem halben rechten Winkel CDA gegen den Horizont AB geſtellt iſt; DE ſey ein horizontal liegendes Object, vor den Spiegel geſtellt. Von dem Puncte E geht ein Lichtſtrahl nach dem Spiegel in f, und wird reflectirt nach g. Man ziehe von E die Perpendikellinie auf den Spiegel und verlängere ſie hinter dem Spiegel, Ee; man verlängere auch den reflectirten Strahl fg rückwärts hinter dem Spiegel, ſo ſchneidet er die Perpendikellinie Ee in e, und hier iſt der Ort des Bildes vom Puncte E. Eben ſo fällt von D des Objects ein Strahl Dh nach dem Spiegel und wird von h nach i reflectirt. Man ziehe auch von D die Perpendikellinie Dd hinter den Spiegel, und verlängere den reflectirten Strahl hi rückwärts, ſo ſchneidet er

die

die Linie Dd in d; und hier iſt der Ort des Bildes vom Puncte D. Was von den beyden äußerſten Puncten D und E gilt, gilt von allen dazwiſchen liegenden; es entſteht alſo ein vertical ſtehendes Bild de vom horizontal liegenden Objecte DE.

Umgekehrt, wenn de das Object iſt, ſo iſt DE das Bild davon; und vertical ſtehende Objecte bilden ſich alſo horizontal liegend ab.

Wie in einem ſolchen Spiegel eine Kugel auf einer geneigten Ebene darunter ſenkrecht in die Höhe zu ſteigen ſcheint?

Muſchenbroek introd. T. II. §. 1989.

§. 685. Ingleichen, warum in einem horizontal liegenden Planſpiegel die Objecte darüber oder darunter verkehrt, das Obere unten und das Untere derſelben oben ſich abbildet.

Beyſpiele hierzu: Es ſey AB (Fig. 75.) ein horizontal liegender Planſpiegel, auf welchem das Object DE vertical ſteht. Das Auge befinde ſich in i, ſo wird der Strahl, der von D nach h auf den Spiegel fällt und von da unter eben dem Winkel reflectirt wird, nach i ins Auge gelangen. Man verlängere dieſen reflectirten Strahl hinter dem Spiegel, und verlängere auch die Verticallinie von D auf dem Spiegel, bis ſie ſich beyde in d ſchneiden, ſo iſt d das Bild des Punctes von D. Der niedriger liegende Punct F des Objects wird, wie man auf eine ähnliche Art finden kann, ſein Bild in f machen. So entſtehen von allen Puncten des Objects DE die Bilder derſelben zwiſchen d und e, und es ſtellt ſich alſo im Ganzen ein umgekehrt ſtehendes Bild de des Gegenſtandes DE dar.

§. 686. In Planſpiegeln, die ſchief gegen einander geſetzt werden, erſcheinen die Objecte dazwiſchen vervielfältigt, wegen der vervielfältigten Reflexion; und zwar erſcheinen ſie ſo oft, weniger eins, als der Winkel, den die Spiegel mit einander machen, in 360 Graden enthalten iſt. In parallel gegen einander über ſtehenden Spiegeln erſcheint das Object, das gerade zwiſchen beyde geſtellt wird, unzählige mal.

Hierher gehören die Winkelſpiegel, die nach Art eines Buches geöffnet werden können. Das Bild eines dazwiſchen geſtell-

geſtellten Gegenſtandes erſcheint bey einem Winkel der Spiegel

von 120 Graden		2 mal		
90	ſ	3	ſ	
72	ſ	4	ſ	
60	ſ	5	ſ	
$51\frac{3}{7}$	ſ	6	ſ	
45	ſ	7	ſ	
40	ſ	8	ſ	
36	ſ	9	ſ	u. ſ. w.

Es ſeyen zwey Planſpiegel AC und BC (Fig. 76.) unter einem Winkel ACB = 45 Gr. an einander gefügt. Das Auge O ſey ſelbſt der ſtrahlende Punct und befinde ſich zwiſchen den Spiegeln, ſo ſieht es ſich an den Stellen 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 hinter den beyden Spiegeln, und zwar in einem Kreiſe, deſſen Radius OC und deſſen Mittelpunct C iſt. Das Auge O bildet ſich hinter dem Spiegel BC in 1 ab, eben ſo weit dahinter, als es davor iſt, ſo auch hinter dem Spiegel AC in 2. Jedes dieſer Bilder können wir wieder als ein Object in Rückſicht des gegen über ſtehenden Spiegels betrachten, hinter dem es ſich ſo weit wieder abbildet, als es davor iſt. So bildet ſich alſo 1 hinter dem Spiegel AC in 3, 2 hinter dem Spiegel BC in 4, 3 hinter dem (bis b verlängerten) Spiegel BC in 5, 4 hinter dem (bis a verlängerten) Spiegel AC in 6, 5 hinter AC in 7 ab; das Bild von 6 iſt mit dem von 7 eins, oder fällt damit zuſammen, und 7 liegt in der geraden Linie, die von O durch den Mittelpunct des Kreiſes C oder den Winkel der Spiegel gezogen werden kann, und kann ſich alſo auf keinem Spiegel weiter abbilden.

Die Bilder des einen Spiegels ſind freylich keine Objecte für den andern Spiegel in der That, und die in Gedanken verlängerten Spiegel Ca und Cb können keine Bilder wirklich machen, wie wir uns hier der mehrern Leichtigkeit wegen die Sache vorgeſtellt haben. Der wahre Grund der Vielfachheit der Bilder liegt in der vervielfältigten Reflexion des Lichts zwiſchen dieſen Spiegeln, und darin, daß wir da ein Bild des Punctes hinſetzen, wohin die Spitze des verlängerten Lichtkegels kommen muß, deſſen Grundfläche die Pupille unſeres Auges iſt. Um dies näher zu erläutern, wollen wir uns zwey Spiegel AC und BC (Fig. 77.) vorſtellen, die unter dem Winkel von 72 Gr., BCA, an einander gefügt ſind, und worin ſich alſo das Object viermal abbilden wird. Das Object ſey in F, die Pupille des Auges in f, das nun das Bild von F in 1, 2, 3, 4, ſieht. Es geht nämlich ein Lichtkegel Fih nach dem Spiegel BC, der durch Reflexion von ih nach der Pupille des Auges in f gelangt und das Urtheil erzeugt, daß er von 1 herkomme, wohin alſo die Seele das Bild von F ſetzt. Es fällt ferner ein Lichtkegel Fab auf den Spiegel AC und geht durch Reflexion von ab nach f zur Pupille des Auges, das nun das Bild des Punctes F nach 2 ſetzt, wohin die Spitze des verlängerten Lichtkegels kommt.

kommt. 2 macht ein Bild in 3, nicht deswegen, weil es ſich eben ſo weit wieder hinter dem verlängerten Spiegel BCD abbildete, als es davor iſt; ſondern weil in uns das Urtheil von dem Daſeyn des Punctes F in 3 entſteht, da der Lichtkegel, der von F nach cd auf den Spiegel AC fällt, von da durch Reflexion auf den Spiegel BC in ge geworfen wird, und hier wieder von ge nach der Pupille in f zurückſtrahlt und ſo ins Auge kommt, daß er bey der Verlängerung ſeine Spitze in 3 haben muß, oder als ob er von 3 herrührte. Das Bild in 4 entſteht auch nicht deswegen, weil ſich das Bild 1 hinter dem verlängerten Spiegel ACE ſo weit abbildete, als es davor iſt; ſondern weil ein Strahlenkegel von F nach no, von da durch Zurückſtrahlung nach lm, und von da durch Zurückſtrahlung nach der Pupille in f gelangt, und nun ſo ins Auge kommt, als ob er von 4 herrührte oder hier ſeine Spitze hätte. — Alle andere Strahlenkegel, die von dem unbewegten F nach beyden Spiegeln gehen, treffen nach den Zurückſtrahlungen das Auge nicht, ſo lange es in f iſt. — So iſt es nun in allen andern Fällen dieſer Spiegel.

Kaeſtner de multiplicatione imaginum ope duorum ſpeculorum planorum; in den *diſſertationib. mathem. et phyſ.* II. S. 8. *Muſchenbroek introd. ad philoſ. nat.* II. 1993 — 1996.

Hierauf beruhet auch die Einrichtung der Spiegelzimmer, Spiegelcabinette und Spiegelkäſten.

Gehlers phyſikal. Wörterbuch, Th. IV. S. 132 ff.

Von Abbildungen in Spiegeln, die einen äußern Winkel mit einander bilden, ſ. *Muſchenbroek* a. a. O. §. 1992.

§. 687. Vermittelſt der durch Planſpiegel reflectirten Lichtſtrahlen können daher auch Gegenſtände betrachtet werden, wenn auch die gerade Linie zwiſchen dieſen und dem Auge von undurchſichtigen Körpern unterbrochen würde.

Hierher gehört: 1) das Perſpectiv, durch ein dickes Bret zu ſehen, oder das Zauberperſpectiv (Tubus magicus). Gehlers phyſ. Wörterbuch, Th. IV. S. 845. ff.

2) Das Hevelſche Polemoſkop, der Wallgucker, Operngucker (Polemoſcopium). *Muſchenbroek* a. a. O. §. 1997. Gehler a. a. O. Th. III. S. 539.

§. 688. Aus der Reflexion der Lichtſtrahlen von den Kugelflächen (§. 672 — 676.), und aus dem Satze, der auch auf krumme Spiegel anzuwenden

iſt:

iſt: daß das Bild eines ſtrahlenden Punctes in einem Spiegel da liegt, wo von zwey unendlich nahe einfallenden divergirenden Strahlen die reflectirten ſich durchſchneiden (§. 682.), läßt ſich nun auch beſtimmen, wie die ſphäriſchen Spiegel Bilder machen.

§. 689. Man kann hieraus leicht finden:

1) Warum ein Gegenſtand in einem **hohlen Kugelſpiegel** gar kein Bild macht, wenn er ſich im Brennpuncte der parallelen Strahlen des Spiegels befindet;

2) Warum das Bild aufrechts hinter dem Spiegel und größer als der Gegenſtand erſcheint, wenn dieſer zwiſchen dem Brennpuncte und dem Spiegel ſich befindet;

3) Warum das Bild um deſto weiter hinter dem Spiegel, und deſto größer erſcheint, je näher der Gegenſtand nach dem Brennpuncte des Spiegels zurücktritt;

4) Warum die Bilder verkehrt und vergrößert werden und ein **Luftbild** darſtellen, das weiter vom Spiegel fällt, als der Gegenſtand davor iſt, wenn der Brennpunct des Spiegels zwiſchen dem Gegenſtande und dem Spiegel ſteht;

5) Warum das umgekehrt ſtehende **Luftbild** Größe und Entfernung des Gegenſtandes erlangt, wenn der Gegenſtand im Mittelpuncte der Kugelfläche ſteht;

6) Warum dieſe umgekehrten Luftbilder kleiner werden und dem Spiegel näher liegen, als der Gegen-

Gegenſtand, wenn der Mittelpunct der Kugelfläche zwiſchen den Gegenſtand und den Spiegel fällt;

7) Warum endlich das Object, welches keine dem Spiegel concentriſche Oberfläche hat, darin verzerrt dargeſtellt wird; weil nämlich dann der Abſtand der ſich abbildenden Puncte des Objects vom Spiegel ungleich iſt.

Muſchenbroek a. a. O. §§. 2011 — 2023.

1) Es ſey ab (Fig. 78.) ein ſphäriſcher Hohlſpiegel, ſein Centrum C, ſein Brennpunct paralleler Strahlen F, und in dieſem Brennpuncte ſtehe ein ſtrahlender Punct; ſo wird der Strahlenkegel Fgh bey der Reflexion zum Strahlencylinder, und alle von F divergirend auffallende Strahlen werden zu parallelen (§. 673.). Das Auge in Q oder ſonſt wo, das einen ſolchen Strahlencylinder empfängt, kann kein Bild des Punctes von F empfinden, weil der Strahlencylinder keine Spitze hat.

2) Es ſey der Gegenſtand DE (Fig. 79.) zwiſchen dem Brennpuncte F und dem Spiegel ab, deſſen Mittelpunct C iſt. Der oberſte Punct D des Objects wirft einen Strahlenkegel Dgh nach dem Spiegel, der unter eben dem Winkel reflectirt wird und nach Q ins Auge gelangt. Er kommt ſo ins Auge, als ob er ſeine Spitze in d hätte; und hierher ſetzt das Auge das Bild d des Punctes D. Vom unterſten Puncte E geht ein Strahlenkegel Eik nach dem Spiegel, und durch Reflexion nach Q ſo, als ob er von e hinter dem Spiegel herkäme, wohin alſo unſer Auge das Bild e vom Puncte E ſetzt. Da die Puncte d und e im Bilde weiter aus einander liegen, als im Objecte D und E, ſo ſehen wir das Bild größer, als den Gegenſtand. Der Grund davon liegt in der Abnahme der Divergenz der Strahlen bey der Reflexion (§. 673. 4.).

3) Je näher der Gegenſtand DE (Fig. 79.) dem Brennpuncte F tritt: um deſto mehr nimmt die Divergenz der reflectirten Strahlen ab; deſto ſpäter laufen ſie bey der Verlängerung hinter dem Spiegel zuſammen; deſto weiter iſt alſo die Spitze der Strahlenkegel, die das Auge empfängt, von der Grundfläche entfernt; deſto weiter fällt alſo das Bild hinter den Spiegel; und deſto weiter liegen die äußerſten Puncte d und e aus einander: folglich deſto mehr wird es vergrößert, bis es endlich unendlich groß in einer unendlichen Entfernung wird, d. h., ganz verſchwindet, wenn die ſtrahlenden Puncte um die Brennweite entfernt ſind (1).

4) Es ſey der mit der Spiegelfläche concentriſche Gegenſtand DE (Fig. 80.) ſo weit davon entfernt, daß er zwiſchen dem Brennpuncte F und dem Centro C des Spiegels ab ſtehe. Der oberſte Punct D wirft einen Strahlenkegel Dgh auf den Spiegel, deſſen Strahlen unter eben dem Winkel reflectirt werden, unter welchem ſie auffallen. Sie werden dadurch in ihrer Divergenz vermindert und laufen in d zuſammen. So werden auch die Strahlen des Lichtkegels Eik durch Reflerion wieder zuſammenlaufend in e. Wäre nun ein Auge in e oder d, ſo würde es freylich kein Bild von den Puncten D und E ſehen, da die Strahlen, die es hier empfängt, convergirend ſind, und folglich bey der Verlängerung rückwärts noch weniger zuſammenlaufen, als die parallelen (1). Man ſieht leicht, daß dies auch der Fall ſeyn müſſe, wenn ſich das Auge näher nach dem Spiegel zu befindet, wo es alle die von dem Spiegel zurückfahrenden Strahlen als convergirend empfängt. Wenn man dies gehörig erwägt, ſo wird man gar keinen Einwurf gegen Barrows Theorie (§. 682.) von der Entſtehung der Bilder in den Spiegeln bey dieſen Fällen finden. — Wenn aber in ed eine reflectirende Fläche iſt, auf welche die Strahlenkegel ike und ghd auffallen und davon wieder als divergirende nach allen Seiten zurückſtrahlen, ſo wird das Auge, das dieſer Fläche zu gerichtet iſt, das ganze Bild ed auf derſelben ſehen, vorausgeſetzt, daß dieſe reflectirende Fläche kein Licht anders woher erhält, das die Empfindungen des Bildes ed verwiſchen könnte. Da die vom Spiegel reflectirten Strahlenkegel ghd und ikd ſich durchkreuzen, ſo wird das Bild ed gegen das Object DE verkehrt ſtehen, und die Puncte d und e werden weiter aus einander liegen, als D und E.

5) Wenn DE (Fig. 80.) nach C vom Spiegel zurücktritt und endlich in Js anlangt, ſo tritt das umgekehrte Luftbild ed dem Spiegel näher, wird kleiner, und würde endlich dem Gegenſtande gleich und ähnlich, obgleich umgekehrt, ſeyn, wenn alle ſeine ſtrahlenden Puncte ſo weit vom Spiegel entfernt wären, als C, in welchem Falle DE nur ein Punct ſeyn müßte.

6) Wenn das Object DE (Fig. 81.) ſo weit vom Spiegel ab abſteht, daß das Centrum des Spiegels C zwiſchen demſelben und dem Spiegel iſt, ſo werden die divergirenden Strahlen der Strahlenkegel Dgh und Eik, die von dem oberſten und unterſten Puncte D und E gegen den Spiegel fahren, durch die Reflerion auch zu convergirenden, die in e und d zuſammenfahren. Da ſich die Strahlenkegel nach der Reflerion durchkreuzen, ſo machen ſie ein umgekehrtes Bild ed des Gegenſtandes DE, und zwar liegen die äußerſten Puncte e und d im Bilde einander näher, als D und E im Objecte; das Bild iſt alſo verkleinert. — Uebrigens hat es mit dieſem Bilde wieder eben die Bewandtniß in Anſehung ſeiner Wahrnehmung, als im vorigen Falle (4). Ein Auge in e oder d empfängt nur die Spitzen der Strahlenkegel, nicht ihre Grundfläche. Das

Bild ed wird alſo nur dann ſichtbar, wenn da, wo die Vereinigungspuncte der reflectirten convergirenden Lichtſtrahlen hinfallen, eine reflectirend Fläche iſt, die dieſe Lichtſtrahlen wieder als divergirende zurückſtrahlen kann. Da ein ſtrahlender Punct des Objects nicht bloß einen Lichtkegel zum Spiegel ſendet, ſondern auf jeden Punct des Spiegels Lichtſtrahlen vom leuchtenden Objecte fallen, ſo ſtrahlt auch z. B. von E (Fig. 81.) nicht bloß der Kegel Eik auf den Spiegel, ſondern auch der Kegel Emn. Iſt nun das Auge in Q, ſo empfängt es nicht allein von dem Vereinigungspuncte der reflectirten Strahlen ghd, ſondern auch von dem der reflectirten Strahlen mne einen Strahlenkegel, deren Grundfläche die Pupille des Auges, und deren Spitze in e und d iſt. So ließe ſich erklären, wie das Auge in ed ein Bild von DE ſehen könne.

Deſſen ungeachtet iſt der Umſtand allerdings wahr, daß ein Auge die Bilder der Gegenſtände, die weiter vom Spiegel abſtehen, als der Radius deſſelben beträgt, und die dem Spiegel Lichtkegel zuſenden, auf dem Spiegel ſelbſt gewiſſer Maßen ſchweben ſieht; ein Phänomen, das aus dem bisher Vorgetragenen nicht zu erklären iſt, vielleicht einen Geſichtsbetrug zum Grunde hat, und es von neuem beſtätigt, daß wir aus mehrern Umſtänden, als aus dem Scheitel der Strahlenkegel, die ſcheinbare Stelle der Gegenſtände beurtheilen.

Kaeſtner de obiecti in ſpeculo ſphaerico viſi magnitudine apparente; in den *comment. nov. Goetting.* T. VIII. 1777.

§. 690. Ingleichen läßt ſich davon die Anwendung auf **erhabene Kugelſpiegel** machen, und daraus finden:

1) Warum das Bild eines Gegenſtandes aufrechts und kleiner als derſelbe, hinter dem Spiegel erſcheint;

2) Warum das Bild um deſto mehr verkleinert wird, je kleiner der Halbmeſſer der Kugelfläche iſt;

3) Warum das Bild nie weiter hinter ſeiner Fläche erſcheint, als um den vierten Theil des Durchmeſſers des Spiegels.

4) Warum endlich auch das Bild des Gegenſtandes verzerrt iſt, wenn der Gegenſtand nicht concentriſch iſt mit der Spiegelfläche.

Muſchenbroek a. a. O. §§. 1998 — 1206.

1) Da der imaginäre Vereinigungspunct der, von den Spiegeln dieſer Art, reflectirten divergirenden Strahlen, oder der Strahlenkegel, deren Grundfläche die Pupille des Auges iſt, allemal hinter den Spiegel fällt (§. 676.), ſo muß auch das Bild der Gegenſtände hinter dem Spiegel erſcheinen. Es ſey (Fig. 82.) ab ein convexer Kugelſpiegel, ED das Object, das mit dem Spiegel gleiche Krümmung hat, C der Mittelpunct des Spiegels, F ſein imaginärer Brennpunct paralleler Strahlen. Das Auge befinde ſich in Q. Es empfängt durch Reflexion die Lichtkegel Egh und Dik von den äußerſten Puncten E und D des Objects, und ſieht das Bild deſſelben in ed. Da die Divergenz der Strahlen bey der Reflexion von dieſen Flächen vermehrt wird, ſo laufen ſie auch rückwärts hinter dem Spiegel verlängert früher zuſammen, oder die Winkel in e und d ſind größer, als die in E und D; die Puncte e und d liegen alſo näher bey einander, und das Bild iſt kleiner, als der Gegenſtand. Wenn das Object auf der dem Spiegel zugekehrten Seite nicht gleiche Krümmung mit dem Spiegel ſelbſt hat, ſo erſcheint es nothwendiger Weiſe verzerrt.

2) Je kleiner der Halbmeſſer der Spiegelfläche wird, deſto kürzer iſt der Abſtand des Vereinigungspuncts der rückwärts verlängerten reflectirten Strahlen; oder, wenn r kleiner wird, ſo wird in der Formel: $\frac{dr}{2d + r} = x$ (§. 676.), auch dieſes x als Quotient abnehmen. Die rückwärts verlängerten reflectirten Strahlen werden alſo, bey gleichem Abſtande des Objects vom Spiegel, deſto früher zuſammentreffen; die Vereinigungspuncte werden deſto näher bey einander liegen, und das Bild wird alſo deſto kleiner erſcheinen.

3) Je weiter der Gegenſtand vom Spiegel abrückt, oder je größer d in der Formel: $x = \frac{dr}{2d + r}$, wird, deſto größer wird x, oder der Abſtand des Vereinigungspunctes der rückwärts verlängerten reflectirten Strahlen vom Spiegel; aber er kann nie größer werden, als $\frac{1}{2}$ r, wenn auch d = ∞ in Vergleichung mit r wird, oder der Gegenſtand ſo weit vom Spiegel entfernt iſt, daß die Divergenz der von ſeinen ſtrahlenden Puncten ausfahrenden Strahlen verſchwindet, oder ſie zu parallelen werden.

§. 691. Endlich laſſen ſich auch daraus die Erſcheinungen der **cylindriſchen** und **coniſchen erhabenen Spiegel** beſtimmen. Beyde Arten der Spiegel wirken der Länge nach als ebene Spiegel, und bilden alſo in ſo fern die Gegenſtände, deren Fläche mit der Fläche dieſer Spiegel concentriſch iſt, in der ordentlichen Größe ab. Die cylindriſchen aber ſind der Quere nach erhabene Kugelſpiegel, und müſſen alſo in ſo fern verkleinern, und folglich die Gegenſtände der Quere nach ſchmäler vorſtellen. Die coniſchen ſind der Quere nach ebenfalls als erhabene Kugelſpiegel anzuſehen; da aber die Cirkelflächen nach der Spitze zu immer kleiner werden, ſo verkleinern ſie auch oben mehr, als unten.

Beſtätigung durch Verſuche und Zeichnungen, die zwar verzerrt gemahlt ſind, aber in dieſen Spiegeln ordentlich erſcheinen (catoptriſche Anamorphoſen).

Caſp. Schotti Magia univerſalis. Herbip. 1657. 4.

Ein Inſtrument, um dieſe anamorphotiſchen Zeichnungen zu entwerfen, hat Leupold beſchrieben (Jac. Leupold Anamorphoſis mechanica nova. Leipz. 1714. 4.).

Von Pyramidalſpiegeln.

Muſchenbroek a. a. O. §§. 2029. 2030.

Von prismatiſchen Spiegeln.

Muſchenbroek a. a. O. §. 2032.

Brechung des Lichts.

§. 692. Wenn Lichtſtrahlen aus einem Mittel in ein anderes von verſchiedener Dichtigkeit in einer ſchiefen Richtung übergehen, ſo behalten ſie, wenn ſie die Fläche treffen, die beyde Mittel von einander ſcheidet, nicht mehr die vorige Richtung, ſondern

werden

werden von derſelben abgelenkt. Man nennt dies die **Brechung der Lichtſtrahlen** (Refractio lucis).

Beſtätigung an Glas und Waſſer.

§. 693. Wenn der ſchief **einfallende Lichtſtrahl** (Radius incidens) SC (Fig. 83.) aus einem dünnern Mittel, z. B. aus der Luft, in ein dichteres, z. B. in Waſſer, übergeht, ſo wird er an der Oberfläche AB des letztern in dem **Einfallspuncte** (Punctum incidentiae) C von ſeinem vorigen Wege abgelenkt, und der geraden Linie, die man ſenkrecht auf und durch das dichtere Mittel im Einfallspuncte ziehet, dem **Einfallslothe** oder **Neigungslothe** (Cathetus incidentiae) DE näher gebracht, und geht in der Direction CR. Der Winkel SCD, welchen der einfallende Strahl SC mit dem Einfallslothe DE macht, heißt der **Einfallswinkel** (Angulus incidentiae); der Winkel RCE, welchen der **gebrochene Strahl** CR, der von ſeiner vorigen Richtung abweicht, mit dem Einfallslothe DE macht, der **Brechungswinkel** (Angulus refractionis); und der Winkel aCR, welcher aus dem verlängerten einfallenden Strahle Ca und dem gebrochenen CR ſich bildet, der **gebrochene Winkel** (Angulus refractus).

§. 694. Die Erfahrung lehrt allgemein folgendes Geſetz: **Wenn das Licht aus einem dünnern Mittel in ein dichteres ſchief übergeht, ſo wird es dem Perpendikel zu gebrochen, und der Brechungswinkel iſt kleiner, als der Einfallswinkel; wenn es aber aus dem dichtern Mittel in das dünnere**

nere ſchief übergeht, ſo wird es vom Perpendikel ab gebrochen, und der Brechungswinkel iſt größer, als der Einfallswinkel. Der gebrochene und einfallende Strahl bleiben aber immer mit dem Einfallslothe in einerley Ebene.

1) Wenn z. B. oberhalb AB (Fig. 83.) Luft, unterhalb Waſſer iſt, ſo wird der ſchief einfallende Lichtſtrahl SC beym Eintritte ins Waſſer nicht nach a fortgehen, ſondern der Perpendikellinie DE zugelenkt; und der Brechungswinkel RCE iſt kleiner, als der Einfallswinkel SCD.

2) Wenn hingegen ein Lichtſtrahl BC aus dem Waſſer unterhalb AB ſchief in die Luft übergeht, ſo wird er von dem Perpendikel DE abgelenkt, der Brechungswinkel SCD iſt größer, als der Einfallswinkel RCE.

§. 695. Dieſe Brechung ſteht zwar nicht im genauen Verhältniſſe mit dem eigenthümlichen Gewichte der durchſichtigen Mittel; dagegen aber **mag die Größe des Einfallswinkels beſchaffen ſeyn, wie ſie will, ſo findet immer ein beſtändiges und unabänderliches Verhältniß zwiſchen dem Sinus des Einfallswinkels** ſi = ba, **und dem Sinus des Brechungswinkels oder dem Brechungsſinus** FR **für einerley Paar von durchſichtigen Mitteln Statt.**

§. 696. **Jeder Lichtſtrahl, der auf die durchſichtigen Körper von verſchiedener Dichtigkeit ſenkrecht auffällt, geht ungebrochen durch.**

§. 697. Um nun von dieſen Geſetzen der Brechung Anwendung machen zu können auf die davon abhängenden Phänomene, iſt es nöthig, das **Brechungsverhältniß**, das iſt, das Verhältniß des Brechungsſinus FR zum Einfallsſinus ſi = ba, (oder, wenn

wenn wir den Strahl umgekehrt gehen laſſen wollen, das Verhältniß des Einfallsſinus FR zum Brechungsſinus ſi oder ba,) der durchſichtigen Mittel zu wiſſen, die der Gegenſtand unſerer Betrachtung ſind. Hier genügt es, nur das zwiſchen Luft und gewöhnlichem Glaſe, und zwiſchen Luft und Waſſer zu wiſſen. Das erſtere iſt nahe wie 3 : 2, das andere faſt wie 4 : 3. Demnach iſt (Fig. 83.) ba oder ſi : FR ≙ 4 : 3.

Der Brechungsſinus verhält ſich zum Einfallsſinus, den man gleich 1,000 annimmt, wenn das Licht aus der durchſichtigen Maſſe in die Luft geht,

nach Rochon bey	gemeinem Glaſe wie	1,543
	Flintglaſe	1,613
	Diamant	2,755
	Bergkryſtall	1,575
	isländiſchem Kryſtall	1,625
	deſtill. Waſſer von 14° R.	1,333
	rectificirtem Weingeiſte	1,378
	geſättigter Kochſalzauflöſung	1,375
	Salmiakauflöſung	1,382
nach Newton beym	Frauenglaſe	1,487
	Steinſalze	1,545
	Alaun	1,458
	Vitriolöhle	1,428
	Kampher	1,500
	Baumöhle	1,466
	Leinöhle	1,481
	Terpentinöhle	1,470

§. 698. So viele Erklärungen auch über die wirkende Urſach des Phänomens der **Brechung** gegeben worden ſind, ſo iſt doch keine befriedigender, als die, welche uns Newton ſelbſt davon gegeben hat. Sie reducirt ſich auf die Kraft der Cohärenz, oder, wenn man lieber will, der Anziehung der durchſichtigen Materie mit dem Stoffe des Lichts, ſo wie die Reflexion im Gegentheile den Mangel dieſer Cohärenz oder Anziehung anzeigt (§. 668. Anm.).

Wir wollen zur Erläuterung annehmen, daß ebene Flächen die Mittel von einander trennen, durch welche das Licht auf ſeinem Wege geht, und daß dieſe Flächen gegen einander parallel ſind. Es ſey alſo zwiſchen den parallelen Flächen (Fig. 84.) NS, nſ Waſſer oder Glas enthalten, und darüber und darunter Luft. Man ziehe mit ihnen ML und ml in gleichen Entfernungen davon parallel. Sie ſollen den Abſtand darſtellen, bey welchem die Wirkſamkeit des Körpers NSnſ auf das Licht thätig zu werden anfängt, der zwar an ſich klein iſt, aber um der Deutlichkeit der Zeichnung willen hier verhältnißmäßig ſo groß vorgeſtellt wird. Es komme ein Lichttheilchen in der perpendiculären Richtung Ac gegen die Fläche NS. So wie es in c in die Sphäre der Wirkſamkeit NS gelangt iſt, und von den Theilchen des Körpers NS ſtärker gezogen wird, als von dem dünnern Medio, aus dem es kommt, ſo nimmt ſeine Geſchwindigkeit in dem Raume von c bis t zu; aber es kann dadurch nicht von ſeinem Wege abgelenkt werden. Es geht bloß mit zunehmender Geſchwindigkeit fort und erlangt das Maximum derſelben innerhalb tq. So wie es aus q heraustritt, iſt die Anziehung des Körpers NSnſ dagegen ſeiner Richtung entgegen und der Wirkung auf der obern Fläche gleich; es verliert alſo das Lichttheilchen in dem Raume qt wiederum rückwärts ſo ſeine Vermehrung der Geſchwindigkeit, als es ſie von c gegen t zu wachſend erhielt. Der ſenkrecht auffallende Strahl erleidet alſo nach dieſer Hypotheſe keine Brechung, wie die Erfahrung auch lehrt; und die Geſchwindigkeit des Lichts außerhalb ML und ml bleibt ſich gleich.

Wenn nun das Lichttheilchen in der ſchiefen Direction Dd gegen ML ankommt, ſo kann dieſe Bewegung in zwey andere, DF und Fd, zerlegt werden. Da die Wirkung des Körpers NS auf das Lichttheilchen nach der Perpendicularlinie geſchieht, ſo kann die parallele Bewegung DF keine Aenderung erleiden; die Bewegung oder Geſchwindigkeit Fd hingegen muß, wie vorher gezeigt iſt, wachſend zunehmen, und daher muß das Lichttheilchen von dem Puncte d an gegen die Fläche NS zu die krumme Linie dl beſchreiben, die ihre hohle Seite gegen NI zu gekehrt hat. Die Tangente li, die die Richtung des Lichttheilchens beym Eintritte in die Fläche des Körpers NS anzeigt, muß folglich dem Perpendikel Bb näher kommen und es unter dem kleinern Winkel ilb ſchneiden, als die erſtere Richtung Dd mit dem Perpendikel Bb bey der Verlängerung machen würde. Da in dem Raume li die Anziehungskräfte der Materie des Körpers NSnſ gegen das Lichttheilchen gleich bleiben, ſo bleibt es in der Richtung li unverändert, bis es nach i gelangt. Hier wird die Anziehung des Körpers gegen das Licht, die auf nſ perpendiculär iſt, ſeiner Perpendiculärgeſchwindigkeit wiederum hinderlich; ſie nimmt daher bey dem Fortgange des Lichts gegen ml zu ſtufenweiſe wiederum ab, und es wird ſeine Bahn eben ſo von i nach e zu auf die entgegengeſetzte Seite gebogen, als es von d nach l geſchah.

ſchah. Es verliert hier allmählig die Zunahme der Perpendiculärgeſchwindigkeit wieder, die es in dI erlangte, und hat in e wieder die vorige Geſchwindigkeit, die es beym Eingange in d beſaß. Da die entgegengeſetzten Krümmungen ie und dI gleich ſind, ſo muß auch die Richtung des Lichts in Ee parallel ſeyn mit der in Dd, wie die Erfahrung lehrt, und es muß wieder vom Perpendikel abgelenkt werden.

Endlich iſt auch die Permaneität des Verhältniſſes zwiſchen dem Sinus des Einfallswinkels und des gebrochenen Winkels nach dieſer Hypotheſe zu erklären. Es falle nämlich ein Lichtſtrahl AI (Fig. 85.) aus der Luft in Glas, ſo wird er im letztern dem Perpendikel PD zugelenkt werden: und der Winkel PIA = DIE mag ſeyn, wie er will, ſo wird der Sinus dieſes Einfallswinkels, oder EF, immer in einem beſtändigen gleichen Verhältniſſe mit dem Brechungsſinus BC ſeyn; und zwar wird EF : BC immer nahe wie 3 : 2 ſeyn, wenn der Lichtſtrahl aus der Luft in Glas, und nahe wie 4 : 3, wenn er aus der Luft in Waſſer übergeht. Weil nämlich die Kräfte der Anziehung im Glaſe an der brechenden Fläche GH die parallele Geſchwindigkeit AP des Lichtpartikelchens nicht ändern, ſondern nur die perpendiculäre PI, und dieſe vermehren, wie vorhin gezeigt worden iſt; ſo wird das Licht in eben der Zeit nach der Brechung von dem Einfallslothe PD um den gleichen Raum CB abgehen, in welcher es ſich ihm um den Raum AP näherte. Die Direction des Lichts gegen die Fläche GH mag ſeyn, welche ſie will, ſo wird, weil die Anziehungskräfte dieſer Fläche gleich bleiben, die Zunahme der Perpendiculärgeſchwindigkeit PI des Lichts immer dieſelbige bleiben, (oder auch die Abnahme derſelben, wenn das Licht aus dem dichten in das dünnere Medium übergeht, oder vom Perpendikel ab gebrochen wird;) oder PI wird mit IC ein immer gleiches Verhältniß haben, indem PI die Perpendiculärgeſchwindigkeit des Lichts vor der Brechung, IC ſie durch die Brechung vermehrt vorſtellt. Hieraus iſt klar, daß, weil die Geſchwindigkeit des Lichts vor der Brechung aus AP und PI, und nach der Brechung aus CB und IC zuſammengeſetzt iſt, es in einerley Zeit vor der Brechung AI, und nach der Brechung IB durchlaufen müſſe. Wenn nun AP = CB genommen wird, und PI und IC einerley Verhältniß beſtändig behalten, ſo iſt auch die ganze Geſchwindigkeit des Lichts vor dem Brechen zu der nach dem Brechen in einem unveränderlichen Verhältniſſe. Es iſt aber

AI : AP (= BC) = ſin. tot. : Einfallsſinus
BC : BI = Brechungsſinus : ſin. tot.

folglich AI : BI wie der Brechungsſinus zum Einfallsſinus.

§. 699. **Wenn die Strahlen bey dem Uebergange aus dem dichtern Mittel in das dünnere ſo**

ſchief übergehen, daß der Brechungsſinus größer werden müßte, als der Sinus totus iſt, (welches unmöglich iſt,) ſo verwandelt ſich die Brechung in Zurückſtrahlung.

Es falle ein Strahlencylinder E (Fig. 86.) von der Sonne im finſtern Zimmer auf ein gläſernes dreyſeitiges, gleichwinkliges, Prisma in der Direction Ee, ſo daß er auf der Fläche FV faſt ſenkrecht ſey, ſo wird er faſt ungebrochen durchgehen, aber in dem Glaſe ſelbſt ſehr ſchief auf die Fläche SV gehen; er ſollte hier nun bey dem Uebergange in die Luft vom Perpendikel abgelenkt werden; da aber der Brechungsſinus dann größer werden müßte, als der Sinus totus, ſo erfolgt Zurückſtrahlung von C nach der Fläche SF, und hier geht er, weil er nahe ſenkrecht darauf ſteht, auch faſt ungebrochen in die Luft zurück und bringt hier Erleuchtung zuwege. Auch dieſe Erſcheinung folgt aus der vorher angeführten Urſach der Brechung. Die Anziehung der Theilchen des Glaſes zu denen des Lichts macht nämlich jetzt bey der Kleinheit des Einfallswinkels in C die Perpendiculärgeſchwindigkeit deſſelben beym Uebergange in die Luft ganz verſchwinden, und die Refraction verwandelt ſich in Reflexion.

Muſchenbroek a. a. O. 1732. *Car. Scherffer* inſtitut. phyſic. II. S. 174. ff.

§. 700. Bey der Brechung des Lichts in ſeinem Uebergange aus einem durchſichtigen Mittel in ein anderes hängt alſo der Brechungswinkel ab: theils von der Natur des brechenden Mittels, theils von der Neigung des einfallenden Strahles. Gemeinhin ſind zwar die brechenden Kräfte der durchſichtigen Mittel im Verhältniſſe mit ihrer Dichtigkeit; man kann indeſſen nicht ſagen, daß dieſe Regel ganz genau und daß ſie allgemein zutreffe; denn einige durchſichtige Mittel brechen ſtärker, andere ſchwächer, als es nach Verhältniß ihres eigenthümlichen Gewichts geſchehen ſollte. So kann daher manchmal das Licht beym Uebergange aus einem Mittel in ein anderes merk=

merklich gebrochen werden, obgleich die ſpecifiſchen Gewichte dieſer Mittel nicht merklich verſchieden ſind, z. B. Alaun und grüner Vitriol; ſo kann es ferner aus einem Mittel in ein anderes ohne Brechung über= gehen, obgleich die Dichtigkeiten derſelben verſchieden ſind, wie z. B. bey Baumöhl und Borax; ja es kann endlich ſogar beym Uebergange aus dem dichtern ins dünnere Mittel dem Perpendikel zu gebrochen werden, wie bey Waſſer und Terpentinöhl.

Muſchenbroek a. a. O. §. 1720 — 1724.

§. 701. Bey dem Brechen in durchſichtigen ebenen Flächen bleiben ſchief einfallende **parallele** Strahlen auch nach dem Brechen parallel, ſie mögen aus dem dünnern in das dichtere Mittel, oder umge= kehrt, gehen. Bey dem Uebergange aus einem **dün= nern** Mittel in ein **dichteres** von ebener Fläche werden einfallende **divergirende** in ihrer Divergenz, und einfallende **convergirende** Strahlen in ihrer Conver= genz vermindert; beym Uebergange aus einem **dich= tern** in ein **dünneres** Mittel von ebener Fläche wer= den **divergirende** oder **convergirende** Strahlen mehr divergirend oder convergirend. Dies folgt aus dem allgemeinen Geſetze der Brechung (§. 694.).

§. 702. Aus dieſem Brechen der Lichtſtrahlen in Mitteln von verſchiedener Dichtigkeit und ebenen Flä= chen läßt ſich erklären, warum ein Gegenſtand unter oder hinter einem ebenen Glaſe dem Auge faſt um $\frac{1}{3}$ näher nach der Oberfläche des Glaſes zu erſcheint, als er wirklich liegt; warum eine Münze in einem

undurchſichtigen Gefäße, die bey einer gewiſſen Stellung des Auges nicht zu ſehen iſt, ſichtbar werden kann, wenn das Gefäß mit Waſſer gefüllt wird; warum der Boden eines Gefäßes mit Waſſer hohl zu ſeyn und höher zu liegen ſcheint; warum ein Stock im Waſſer gebrochen erſcheint; warum ein Fiſch im Waſſer nicht an ſeinem wahren Orte, ſondern ungefähr um $\frac{1}{4}$ näher nach der Oberfläche zu geſehen wird; warum Sterne ſchon vor ihrem wirklichen Aufgange und noch nach ihrem wirklichen Untergange wahrgenommen, und eine Mondfinſterniß geſehen werden kann, wenn die Sonne noch über unſerm Horizonte erſcheint; warum die Geſtirne höher nach dem Zenith zu beobachtet werden, als ſie wirklich ſtehen; und worin endlich überhaupt die **aſtronomiſche Strahlenbrechung** (Refractio aſtronomica) beſteht.

Maſchenbroek a. a. O. §. 1928 — 1931.
Einleitung in die aſtronomiſchen Wiſſenſchaften, verf. von Lampert Hinr. Röhl. Th. I. Greifswalde 1768. 8. S. 96 — 140.

§. 703. Noch gehören hierher:

1) Die vervielfältigte Erſcheinung eines Gegenſtandes durch ein **Rautenglas** (Polyëdrum).

Es ſey ABCD (Fig. 87.) ein vielflächig geſchliffenes Glas. Die drey vordern Flächen BC, CD und DA ſeyen dem Gegenſtande F zu gerichtet, und hinter der Fläche BA befinde ſich das Auge in O. Dies ſieht nun den Punct F dreyfach, in F, in L, und in M. Denn von dem Strahlenkegel, der auf die Fläche CD von dem ſtrahlenden Puncte fällt, und wovon wir hier nur die Achſe Fg gezeichnet haben, geht dieſe Achſe, da ſie ſenkrecht auf den Flächen CD und BA ſteht, ungebrochen in das Glas und heraus, und gelangt zum Auge in O. Der Strahlenkegel Fb, der auf die Fläche CB fällt, wird im Glaſe dem Perpendikel zugelenkt und beym Austritte aus dem Glaſe vom Perpendikel abgelenkt, und gelangt auch zum Auge in O, das nun den Gegenſtand nach L ſetzen muß. Eben ſo

ſo iſt es endlich mit dem Strahlenkegel Fb, der auch nach den erlittenen Brechungen zum Auge in O kommt und die Vorſtellung des Sehens in M erzeugt.

Muſchenbroek a. a. O. §. 1933.

2) Die **dioptriſchen Anamorphoſen**, oder Zeichnungen einzelner Theile, die durch ein polyedriſches Glas betrachtet als ein ordentliches Ganzes erſcheinen.

Jo. Geo. Leutmanns Anmerkungen vom Glasſchleifen. Wittenberg 1728. 8. S. 96. ff.

3) Die ſcheinbare Ortsveränderung der Körper, die durch ein gläſernes Prisma betrachtet werden.

4) Die beſondern Erſcheinungen der Strahlenbrechung in der Luft, die an verſchiedenen Stellen ungleich erwärmt, und alſo ungleich dicht iſt, nach Hrn. **Büſch** und **Gruber**.

Büſch tractatus duo optici argumenti, Hamb. 1783. Tob. Gruber phyſicaliſche Abhandlung über die Strahlenbrechung und Abprallung von erwärmten Flächen, Dresden 1787. 4.

§. 704. Merkwürdig und noch immer problematiſch iſt die ſcheinbare Verdoppelung eines Gegenſtandes durch den **durchſichtigen Kalkſpath** oder **isländiſchen Kryſtall**.

Ueber die doppelte Brechung des durchſichtigen Kalkſpaths, von Hrn. Haüy; in Grens neuem Journ. d. Phyſ. B. II. S. 403.

§. 705. Aus den allgemeinen Geſetzen der Strahlenbrechung (§. 694. 695.), und der Kenntniß des Verhältniſſes der Refraction der durchſichtigen Mittel (§. 697.) läßt ſich durch Zeichnungen oder durch Rechnung leicht beſtimmen, wie die Brechung der

Strah-

Strahlen in gekrümmten Flächen geſchieht. Wir betrachten nur hier die Brechung der Strahlen in Gläſern, wovon eine oder beyde Flächen eine erhabene oder hohle Kugelgeſtalt haben, die man **Linſen** oder **Lupen** (Lentes) nennt. Sie ſind entweder auf einer Seite eben und auf der andern erhaben (planconvex) (Fig. 88.); oder auf beyden Seiten erhaben (convexconvex) (Fig. 89.); oder auf einer Seite erhaben, auf der andern hohl, ſo daß der Halbmeſſer der erhabenen Seite kleiner iſt, als der hohlen (**Meniſcus**) (Fig. 90.). Dieſe drey Arten heißen auch zuſammen **erhabene Linſen** (Lentes convexae), denen die **hohlen Linſen** oder **Hohlgläſer** (Lentes concavae) entgegengeſetzt ſind, wo entweder die eine Seite eben, die andere hohl iſt (planconcav) (Fig. 91.); oder beyde Seiten hohl ſind (concavconcav) (Fig. 92.); oder eine Seite hohl, die andere erhaben iſt, ſo daß der Halbmeſſer der erhabenen Seite größer iſt, als der hohlen (concavconvex) (Fig. 93.). Ein Glas, das auf einer Seite erhaben und auf der andern hohl iſt, aber mit einerley Halbmeſſer, z. B. ein Uhrglas, bricht die Strahlen wie ein planes Glas.

§. 706. Die gerade Linie DE (Fig. 94.), welche durch die Mitte der Linſe AB geht und auf beyden Flächen derſelben perpendiculär ſteht, heißt die **Axe der Linſe**. Die Größe der Linſe beſtimmt man nach der Krümmung ihrer Convexität oder Concavität, und ſie heißt einzollig, zweyzollig, zehnfüßig, zwanzigfüßig, u. ſ. w., wenn der Durchmeſſer der Kugel

Kugel eE, oder dD, wovon die Linſe ein Abſchnitt iſt, 1 Zoll, 2 Zoll, 10 Fuß, 20 Fuß, u. ſ. w., beträgt.

§. 707. Wenn parallele Strahlen auf **erhabene** Glaslinſen nahe bey der Achſe des Glaſes fallen, ſo werden ſie ſo gebrochen, daß ſie hinter der Linſe nach der Achſe des Glaſes zuſammengehen und ſich in einem Puncte vereinigen, welcher der **Brennpunct** (Focus) der Linſe heißt. Hinter dieſem Puncte durchkreuzen ſich die Strahlen wieder und werden divergirend. Wenn ſtatt paralleler Strahlen **divergirende** Strahlen eines leuchtenden Punctes auf die erhabene Linſe fallen, ſo werden ſie nach dem Brechen 1) weniger divergirend, wenn die Entfernung des leuchtenden Punctes kleiner iſt, als die Brennweite der Linſe; 2) parallel, wenn der leuchtende Punct ſelbſt im Brennpuncte iſt; 3) convergirend, wenn die Entfernung des leuchtenden Punctes größer iſt, als die Brennweite. **Convergirend** auffallende Strahlen werden durch dieſe Linſen nach dem Brechen natürlicher Weiſe noch mehr convergirend. Man nennt die erhabenen Linſen wegen der angeführten Wirkungen auch **Sammlungsgläſer**.

1) Es fallen (Fig. 95.) auf die biconvexe Linſe ab mit der Achſe derſelben, hK, die parallelen Strahlen g und b nahe bey der Achſe des Glaſes ein. Sie werden auf der vordern Fläche des Glaſes erſt dem Einfallslothe zugelenkt, und beym Ausgange aus der hintern Fläche vom Einfallslothe abgelenkt; ſie werden convergirend und vereinigen ſich mit der Achſe des Glaſes in F, von wo ſie wieder als divergirende aus einander fahren, wenn ſie ſich durchkreuzt haben.

2) Wenn die Strahlen als divergirende auf dieſe Linſe fallen, ſo werden ſie durchs Brechen entweder weniger divergirend, oder parallel, oder convergirend, nach der verſchiedenen Entfernung des ſtrahlenden Punctes von der Linſe.

Linſe. Steht nämlich 1) der ſtrahlende Punct im Brennpuncte der Linſe, z. B. in F (Fig. 95.), ſo werden die Strahlen zu parallelen; 2) ſteht er näher, als der Brennpunct, ſo werden ſie weniger divergirend, wie Fig. 96., wo der ſtrahlende Punct g näher an der Linſe ſteht, als der Brennpunct F, und wo die Strahlen gl und gm durch die Brechung beym Eingange in die Linſe und beym Ausgange aus derſelben die Richtung von dn und eo erhalten. Der mittlere Strahl gk geht ungebrochen durch, da er ſenkrecht auf den Flächen der Linſe ſteht. Werden die Strahlen nd und oe rückwärts verlängert, ſo treffen ſie in p zuſammen. Da nun der Winkel lpm kleiner iſt, als lgm, ſo iſt auch die Divergenz der Strahlen durch die Brechung vermindert worden, und die Strahlen fahren ſo aus der Linſe, als ob ſie von einem weiter entfernten Puncte herkämen, als g iſt. 3) Wenn der leuchtende Punct weiter entfernt iſt, als die Brennweite, ſo werden die davon auf die Linſe fahrenden divergirenden Strahlen zu convergirenden, wie Fig. 97., wo der ſtrahlende Punct A weiter von der Linſe ab abſteht, als ihr Brennpunct F; die Strahlen Ao und Aq vereinigen ſich nach den erlittenen Brechungen hinter der Linſe mit der verlängerten Achſe AG in G. Iſt G der ſtrahlende Punct, ſo iſt A der Vereinigungspunct der gebrochenen Strahlen.

3) Convergirende Strahlen werden noch ſtärker convergirend durch die Brechung in dieſen Linſen. Es ſey (Fig. 96.) ab eine biconvexe Linſe, gegen welche die convergirenden Strahlen nd und oe fahren, die ohne die Linſe in p zuſammenlaufen würden. Sie werden durch Brechung beym Eintritte in die Linſe und beym Austritte aus derſelben nach g zu gebrochen, und vereinigen ſich daſelbſt mit der Achſe. Da nun der Winkel lgm größer iſt, als lpm, ſo iſt auch die Convergenz der Strahlen größer (§. 658.).

§. 708. Die Entfernung des Brennpunctes paralleler Strahlen von der vordern Krümmung des Glaſes, (wenn man auf die Dicke des Glaſes nicht Rückſicht nimmt,) heißt die **Brennweite** (Diſtantia focalis). Man findet dieſelbe, wenn man die Länge des einen Halbmeſſers der Krümmung des Glaſes mit der Länge des andern multiplicirt und das Product mit der halben Summe dieſer Halbmeſſer, (beym Meniſcus aber das Product der Halbmeſſer mit ihrer halben Differenz,) dividirt. Bey dem gleichförmig convex-

converconvexen Glaſe iſt folglich die Brennweite dem gemeinſchaftlichen Halbmeſſer der beyden Flächen des Glaſes gleich; beym planconvexen aber dem Durchmeſſer der Kugel, wovon das Glas ein Segment iſt. Bey einer Kugel von Glas liegt er um den vierten Theil ihres Durchmeſſers hinter derſelben.

Wegen der häufigen Anwendung, die man von den convexen Glaslinſen zu machen hat, iſt es nöthig, den Abſtand des Vereinigungspunctes der durch die Linſe gehenden Strahlen mit der Achſe der Linſe, von der Linſe, berechnen zu können, wenn der Radius der Krümmungen der Linſe, der Abſtand des leuchtenden Punctes, und das Brechungsverhältniß zwiſchen Luft und Glas gegeben ſind. Die allgemeine Formel dazu läßt ſich aus Folgendem herleiten. Es ſey ab (Fig. 98.) eine biconvexe Linſe mit ungleichen Krümmungen; der Halbmeſſer AK der Krümmung AI ſey r, der Halbmeſſer BC der Krümmung BT ſey R; der leuchtende Punct O ſey in der verlängerten Achſe der Linſe. Wir wollen hier annehmen, daß der einfallende Strahl der Achſe ſehr nahe einfalle, ſo daß wir OI für OA, PT für PB, und AI und BT für gerade Linien halten können. Man ziehe KI, als das Einfallsloth, und verlängere OI geradlinig, ſo iſt KIG der Einfallswinkel, und KG der Sinus davon. Da der Strahl beym Eintritte in das Glas dem Einfallslothe zugelenkt wird, ſo würde er nach der erſten Brechung auf der Fläche AI in I die Richtung IP erhalten. Man ziehe alſo IP, und fälle von K das Perpendikel KH auf IP, ſo iſt KH der Brechungsſinus. Dieſer Brechungsſinus verhalte ſich zum Einfallsſinus, wenn das Licht aus der Luft in die Linſe tritt, wie p zu q, und wenn es aus der Linſe in die Luft tritt, wie q zu p. Man ziehe noch aus C das Einfallsloth CT auf T, wo der Strahl I in der Richtung nach P zu aus dem Glaſe tritt, und bey dieſem Austritte vom Einfallslothe ab gebrochen wird und in die Richtung TF geht. Man verlängere PT nach D zu, und FT nach E zu, und ziehe CD auf DP und CE auf EF perpendiculär, ſo iſt CTD der Einfallswinkel, CD deſſen Sinus, und CTE der Brechungswinkel, CE deſſen Sinus für den in T aus der Linſe in die Luft übergehenden Strahl TF. Es ſey CD = m, KG = n. Es erhellet aus der Figur, daß $p:q =$ KG (oder n) : KH; folglich iſt $KH = \frac{nq}{p}$; ferner iſt klar, daß $q:p =$ CD (oder m): CE; folglich iſt $CE = \frac{mp}{q}$. Es ſey ferner OA, oder die Entfernung des leuchtenden Punctes von der Linſe, = d; die Dicke der Linſe, oder

oder AB, = c; PB = z; und der geſuchte Abſtand des Vereinigungspunctes des Strahls nach den Brechungen mit der Achſe in F, oder FB, = x. Da die rechtwinkligen Dreyecke OAI und OKG ähnlich ſind, ſo iſt OK : OA = KG : AI, das iſt, nach dem vorher dafür ſubſtituirten Werthe, $d + r : d = n : AI$; es iſt folglich $AI = \frac{dn}{d + r}$. Da ferner die Dreyecke PAI und PKH ähnlich ſind, ſo iſt PA : PH = AI : KH, das iſt, nach dem dafür ſubſtituirten Werthe, wie $z + c : z + c - r = \frac{dn}{d + r} : \frac{nq}{p}$. Multiplicirt man nun die mittlern und äußerſten Glieder dieſes Verhältniſſes, ſo erhält man $\frac{dnz + dnc - dnr}{d + r} = \frac{nqz + nqc}{p}$, woraus man den Werth von $z = \frac{dcq + cqr + dpr - dcp}{dp - dq - qr}$ findet. Da weiter die Dreyecke PCD und PBT ähnlich ſind, ſo iſt PD : PB = CD : BT, d. i., $z + R : z = m : BT$. BT iſt alſo $= \frac{mz}{z + R}$. Weil endlich auch die Dreyecke FCE und FBT ähnlich ſind, ſo iſt FC : FB = CE : BT, d. i., $x + R : x = \frac{mp}{q} : \frac{mz}{z + R}$. Hieraus entſteht die Gleichung $\frac{xmp}{q} = \frac{mzx + mzR}{z + R}$, woraus man einen andern Werth für $z = \frac{pRx}{qx + qR - px}$ erhält. Aus der Vergleichung dieſer beyden Werthe, um x zu erhalten, und nach den gehörigen Reductionen, findet man

$$x = \frac{dpqRr + dcqqR - dcpqR + cqqRr}{dppR - dpqR - pqRr - dcqq - dpqr + 2dcpq - dcpp + dppr - cqqr + cpqr}.$$

Wenn wir nun die Dicke der Linſe AB = c für nichts oder = 0 rechnen, wie wir in der Praxis thun können, ſo wird in der vorigen Formel

$$x = \frac{dpqRr}{dppR - dpqR - pqRr - dpqr + dppr} = \frac{dqRr}{dp\,(R + r) - dq\,(R + r) - qRr} = \frac{dqRr}{d\,(p - q)\,(R + r) - qRr}.$$

Dies iſt nun die allgemeine Formel für die Beſtimmung des Abſtandes des Vereinigungspunctes der Strahlen von der Linſe, oder für FB, wo die Dicke der Linſe nicht in Betracht kommt; und zwar dient ſie nicht nur für Glas, ſondern für jeden andern durchſichtigen Körper, wenn nur das Brechungsverhältniß (p : q) bekannt iſt, und die Halbmeſſer der Krümmungen der brechenden Flächen (R, r), ſo wie der

Abſtand

Abſtand (d) des leuchtenden Punctes, in Fußen, Zollen oder Linien gegeben iſt. Beym Glaſe iſt p = 30, genauer aber = 31, q = 20 zu nehmen.

Wenn parallele Strahlen auf die Glaslinſe fallen, ſo wird d = ∞ zu halten ſeyn, und es wird in der vorigen Formel $x = \frac{qRr}{(p-q)(R+r)}$. Iſt nun 1) die Glaslinſe biconvex, und zwar mit gleichen Halbmeſſern der Krümmung, ſo iſt R = r, und für parallele Strahlen wird dann $x = \frac{qr^2}{2r(p-q)}$. Wenn wir q = 2, p = 3 nehmen, ſo iſt x = r, oder gleich dem Halbmeſſer der Krümmung, wie es im §. angegeben iſt. 2) Iſt die Glaslinſe planconvex, ſo wird für die ebene Fläche derſelben R = ∞, und für parallele Strahlen iſt $x = \frac{qr\infty}{p\infty - \infty q + pr - qr} = \frac{qr}{p-q}$. Wenn wir das Brechungsverhältniß im Glaſe p : q = 3 : 2 nehmen, ſo wird x = 2r, folglich gleich dem Durchmeſſer der erhabenen Seite, wie im §. angegeben iſt. 3) Iſt die Glaslinſe endlich ein Meniſcus, ſo wird der eine Halbmeſſer der Krümmung, oder R, negativ, und für parallele Strahlen verwandelt ſich die obige Formel in $x = \frac{qRr}{(p-q)(R-r)}$. Nehmen wir das Brechungsverhältniß im Glaſe = 3 : 2, ſo iſt $x = \frac{2Rr}{R-r} = \frac{Rr}{\frac{1}{2}(R-r)}$, oder gleich dem Producte der Halbmeſſer, dividirt durch ihre halbe Differenz, wie es im §. angegeben worden iſt.

de la Caille lectiones elementares opticae, Vindob. 1757. 4. Rob. Smiths vollſtändiger Lehrbegriff der Optik, a. d. Engl. mit Aender. und Zuſ. von Abr. Gotth. Käſtner, Altenb. 1755. 4. S. 81. ff. Käſtners Anfangsgr. der Dioptrik, Götting. 1780. S. 345. ff. Karſtens Anfangsgründe der mathematiſchen Wiſſenſchaften, B. III. S. 316. ff. *Scherffer* inſtitutiones phyſic. P. II. S. 235. ff. S. 320. ff.

§. 709. Eigentlich kommen nur diejenigen parallelen Strahlen nach dem Brechen in einen Punct zuſammen, die der Achſe des Glaſes unendlich nahe ſind. Je weiter die parallelen Strahlen von der Achſe einfallen, deſto kürzer iſt der Abſtand ihres Vereinigungspunctes vom Glaſe. Die Entfernung dieſes vom erſtern Puncte heißt die **Abweichung der Strah-**

len wegen der Geſtalt des Glaſes (Aberratio ex figura).

§. 710. Sonſt kann man die Entfernung des Brennpunctes paralleler Strahlen der erhabenen Linſen, (obgleich nicht mit aller Schärfe,) auch practiſch finden. 1) Man laſſe die Sonnenſtrahlen auf die Linſe, und die darin gebrochenen auf einen andern Körper fallen, und bewege die Linſe ſo lange gegen dieſen, bis der Punct am hellleuchtendſten und kleinſten wird. Seine Entfernung von der Linſe iſt die Brennweite. 2) Man bedecke die eine Fläche der Linſe mit einem genau darauf anſchließenden Papiere, worein viele kleine runde Löcher geſchnitten ſind, und laſſe Licht der Sonne hindurch auf eine parallel darunter gehaltene Fläche fallen. Iſt dieſe Fläche weiter oder näher von der Linſe, als die Brennweite, ſo entſtehen ſo viel leuchtende Kreiſe, als Löcher im Papiere ſind; im Brennpuncte hingegen vereinigen ſie ſich alle in einen Kreis. 3) Man halte die Linſe gegen eine weiße Wand oder Tafel, und laſſe nun einen Gegenſtand, deſſen Diſtanz die Brennweite des Glaſes aber wenigſtens tauſendmal übertreffen muß, darauf durch die Linſe ſich abbilden. Wenn das Bild am deutlichſten iſt, ſo ſteht die Wand in der Brennweite der Linſe. 4) Am beſten findet man dieſe auch in einem dunkeln Zimmer, in welches durch die Linſe das Sonnenlicht hineinfällt. Die Entfernung der Spitze des ſich hier bildenden Strahlenkegels von der Linſe iſt die Brennweite. Die Gründe von allem dieſen werden aus dem Folgenden erhellen.

§. 711.

§. 711. Jeʒt läßt ſich auch beſtimmen, wie dieſe erhabenen Linſen Bilder von den vor ihnen befindlichen Objecten machen, wenn man zugleich das erwägt, was (§. 682.) geſagt worden iſt. 1) Wenn die von Einem Puncte des Gegenſtandes ausfahrenden und auf die Linſe fallenden Strahlen als parallel anzuſehen ſind, ſo iſt der Brennpunct das Bild des Gegenſtandes, und man kann ihn überhaupt als das Bild eines unendlich entfernten Gegenſtandes anſehen. 2) Kein Bild kann dem Glaſe näher liegen, als der Brennpunct. 3) Wenn der Gegenſtand im Brennpuncte ſich befindet, ſo macht er gar kein Bild, oder er macht ein unendlich großes Bild, in einer unendlichen Entfernung, weil die divergirenden Strahlen dann nach dem Brechen zu parallelen werden, die nicht, oder in einer unendlichen Entfernung, zuſammenlaufen. 4) Wenn aber die Strahlen von einem Objecte kommen, das noch weiter vom Glaſe liegt als der Brennpunct, und deſſen Strahlen, die von ſeinen einzelnen Puncten auf die Linſe fallen, als divergirende darauf kommen, ſo vereinigen ſich die Strahlen eines jeden Punctes des Objects wieder hinter der Linſe und machen ein Bild des ganzen Gegenſtandes, das aber verkehrt liegt, und weiter vom Glaſe entfernt iſt, als die Brennweite. 5) Würde in dieſem Falle an dem Orte des Bildes der Gegenſtand ſeyn, ſo würde das Bild deſſelben da zu ſtehen kommen, wo der Ort des Gegenſtandes ſelbſt war. 6) Je näher das Object dem Glaſe kommt, deſto weiter rückt das Bild vom Glaſe weg und wird zugleich deſto größer; und es

wird

wird endlich ganz verſchwinden, wenn das Object in den Brennpunct des Glaſes kommt. 7) Endlich, wenn der Gegenſtand näher nach dem Glaſe liegt, als der Brennpunct, ſo kann gar kein Bild entſtehen, da die Strahlen nicht zuſammenfahren, ſondern divergirend bleiben.

Verſuche: 1) Das Bild der Flamme eines Lichts ſtellt ſich hinter einer convexen Linſe klein und verkehrt vor, wenn die Flamme weit vom Brennpuncte der Linſe entfernt iſt; wird größer und entfernter, wenn die Flamme dem Brennpuncte näher kommt; verſchwindet endlich gänzlich, wenn die Flamme in den Brennpunct kommt.

2) Man laſſe im finſtern Zimmer die parallelen Strahlen der Sonne auf eine erhabene Linſe fallen, wo man den durch Brechung in der Linſe hinter derſelben ſich bildenden Strahlenkegel, und den umgekehrten nach der Durchkreuzung der Strahlen wahrnehmen kann.

Die Strahlen der Sonne ſind wegen der weiten Entfernung derſelben von der Erde als parallel unter einander anzuſehen; daher zeigt ſich hinter der Glaslinſe im Brennpuncte derſelben das kreisrunde Bild der Sonne, der wegen der Erhitzung, die er bewirkt, zu der allgemeinen Benennung des Brennpunctes für den Vereinigungspunct der parallel einfallenden Strahlen Anlaß gegeben hat.

Ferner halte man eine erhabene Linſe von mehrern Zollen Brennweite erſt dicht vors Auge, und ſehe dadurch nach einem gehörig erleuchteten Gegenſtande, der viel weiter vom Glaſe abſteht, als die Brennweite; ſo wird man den Gegenſtand dadurch erkennen: man entferne nun die Linſe vom Auge, ſo wird der Gegenſtand allmählig dem Auge verſchwinden; bey noch weiterer Entfernung der Linſe vom Auge aber endlich verkehrt und verkleinert wahrgenommen werden, und deſto kleiner erſcheinen, je weiter man die Linſe vom Auge entfernt hat.

Es ſey (Fig. 99.) OCB ein Object, das von der biconvexen Glaslinſe ab weiter abſtehe, als derſelben Brennpunct F. Von dem mittlern Puncte C des Objects geht ein Strahlenkegel nach der Linſe, und die divergirenden Strahlen deſſelben werden zu convergirenden, vereinigen ſich aber ſpäter zuſammen als in der Brennweite der Linſe f, wie die Berechnung im §. 708. lehrt; ſie kommen in c zuſammen und fahren hier wieder als divergirende aus einander. Ihr Vereinigungspunct in c iſt das Bild vom Puncte C. Eben ſo werfen die Puncte O und B jeder einen Strahlenkegel nach der Linſe, und die Strahlen jedes Kegels werden durch die Brechung zu convergirenden und machen ein Bild in o und b von den Puncten O und B.

So

So entſteht nun ein Bild bco des ganzen Objects OCB, das aber gegen das Object verkehrt ſteht und der Linſe näher iſt, als das Object auf der andern Seite. Wenn bco das Object wäre, ſo würde OCB das Bild davon ſeyn. — Wenn in bco eine zurückſtrahlende Fläche iſt, die ſonſt nur wenig Erleuchtung erhält, ſo wird das Bild bco des Gegenſtandes OCB darauf wahrzunehmen ſeyn.

§. 712. Die Entfernung des Bildes hinter dem Glaſe findet man, wenn man das Product aus der Brennweite des Glaſes in die Entfernung des Objects vom Glaſe durch die Differenz der Entfernung des Objects von der Brennweite des Glaſes dividirt. Der Quotient giebt die Entfernung des Bildes. Die Entfernung des Objects vom Glaſe verhält ſich zur Entfernung des Bildes von demſelben, wie der Halbmeſſer des Objects zum Halbmeſſer des Bildes.

§. 713. Zur Erläuterung der bisher vorgetragenen Sätze von der geradlinigen Ausbreitung des Lichts, der Zurückſtrahlung, und beſonders der Brechung in erhabenen Gläſern, und auch ſonſt zur Belehrung und Beluſtigung, dienen:

1) Die **Camera obſcura** des **Baptiſta Porta**, wovon man die **optiſche** und **dioptriſche** unterſcheidet. Zu der letztern gehört auch die ſo genannte **helle Kammer** (Camera clara).

I. B. Portae Magiae naturalis, ſive de miraculis rerum naturalium, libr. IV. Neap. 1558. Fol. Antverp. 1576. 12. Sehr verm. in libr. XX. Neap. 1589. Fol. Amſtelod. 1664. 12.

2) **Kirchers Zauberlaterne** (Laterna magica).

Athanaſ. Kircheri ars magna lucis et umbrae. Amſtelaed. 1671. Fol. *'s Graveſande* Phyſ. elem. mathem. T. II. S. 873. ff.

3)

3) Lieberkühns Sonnenmikroſkop (Microſcopium ſolare).

Beſchreibung eines verbeſſerten Sonnenmikroſkops, von Joh. Ernſt Baſil. Wiedeburg. Nürnb. 1758. 4.

4) Adams Lampenmikroſkop.

Eſſay on the microſcope, by *Adams*. Lond. 1787. gr. 4. S. 65. Theorie und Beſchreibung des von dem jüngern Herrn Adams verbeſſerten Lampenmikroſkops, von Herrn Schmidt; in Grens neuem Journal der Phyſik, B I. S. 297 ff.

5) Martins Sonnenmikroſkop für undurchſichtige Gegenſtände, wozu auch Aepinus eine Einrichtung des gewöhnlichen Sonnenmikroſkops nach Lieberkühns Vorſchlage beſchrieben hat.

Deſcription and uſe of an opake ſolar microſcope. Lond. 1774. 8. Adams a. a. O. S. 92. Emendatio microſcopii ſolaris, auct. *F. V. T. Aepino*, in den *nov. Comment. petrop.* T. IX. S. 316. ff.

1) Die optiſche Camera obſcura macht man gewöhnlich daraus begreiflich, daß man annimmt, es fahre (Fig. 100) durch die enge Oeffnung f der Wand ab, die das finſtere Zimmer von den erleuchteten Gegenſtänden trennt, von jedem Puncte dieſer Gegenſtände, welcher der Oeffnung zugekehrt iſt, ein Lichtſtrahl durch das Loch, (wie von den Puncten C, E und D des Gegenſtandes der Strahl Cc, Ee und Dd,) und falle auf die Wand im finſtern Zimmer, ohne daß zugleich von den benachbarten Puncten des Gegenſtandes ein Lichtſtrahl auf denſelben Punct dieſer Wand fallen kann. Von dieſer Wand gehen nun die Lichtſtrahlen wieder zurück in das Auge des Zuſchauers, der alſo auf derſelben das umgekehrte Bild dec des Gegenſtandes CED ſieht. Denn da die Strahlen ſich in der Oeffnung durchkreuzen, ſo muß das Bild verkehrt werden. Es wird deſto kleiner ſeyn müſſen, je näher die Wand, worauf es ſich abbildet, an der Oeffnung ſteht; deſto größer, je weiter ſie davon entfernt iſt. Indeſſen iſt dieſe Vorſtellung von einzelnen Lichtſtrahlen, die von den Puncten des Gegenſtandes nach der Oeffnung zu gehen ſollen, nicht der Natur gemäß, ſondern es fahren vielmehr von den erleuchteten Puncten Strahlenkegel nach der engen Oeffnung f, die ihre Spitze am ſtrahlenden Puncte haben, und deren Grundfläche die Oeffnung f iſt. Die Strahlen dieſer einzelnen Lichtkegel breiten ſich bey ihrem Fortgange durch die Oeffnung im Zimmer immer weiter aus, und bilden auf der Wand, von der ſie aufgefangen werden, erleuchtete Kreisflächen oder elliptiſche Flächen, je nachdem ſie ſenkrecht oder ſchief darauf fallen.

Dieſe

Dieſe Flächen, die von den Kegeln benachbarter ſtrahlender Puncte des Objects herrühren, decken ſich größten Theils; von jeder Fläche bleibt aber doch ein Punct, nämlich um des Lichtkegels Achſe, der das empfangene Licht reiner und minder vermiſcht ins Auge divergirend zurückſtrahlt, als die übrigen, von andern benachbarten Flächen mehr gedeckten, Puncte dieſer Fläche. So entſteht nun durch die Zurückſtrahlung von dieſen Puncten der Wand die Empfindung eines Bildes des Gegenſtandes. Da die Strahlenkegel ſich durchkreuzen, ſo iſt das Bild verkehrt. Je weiter von der Oeffnung im finſtern Zimmer das Bild aufgefangen wird: um deſto geringer iſt wegen der Divergenz der Strahlen die Erleuchtung der zurückſtrahlenden Puncte der Wand; um deſto minder lebhaft iſt alſo das Bild, und auch um deſto mehr vergrößert. Da die weiße Wand das Licht ſo zurückſtrahlt, wie ſie es empfängt, ſo behalten auch die Puncte des Bildes die Farbe, welche die Strahlen des Strahlenkegels hatten, von dem das Licht des Punctes herrührt; das Auge ſieht alſo das Bild mit den natürlichen Farben des Objects. Je größer die Oeffnung f wird, deſto undeutlicher wird das Bild, weil ſich dann deſto mehr Strahlenkegel verſchiedener Puncte decken, folglich jene zurückſtrahlenden Puncte der Wand deſto mehr das Licht vermiſcht mit dem Lichte anderer benachbarter ſtrahlender Puncte dem Auge zuſenden, und alſo das Bild des ganzen Gegenſtandes weniger rein erhalten werden kann. Indeſſen darf auch die Oeffnung nicht gar zu fein ſeyn, weil ſonſt wieder nicht Erleuchtung genug Statt findet, um die Netzhaut im Auge gehörig zu afficiren. Hierin iſt auch der Grund zu ſuchen, warum man bey verengerter Pupille, wenn man aus dem ſtarken Tageslichte plötzlich ins finſtere Zimmer tritt, das Bild der Wand nicht gleich ſieht, ſondern erſt eine Zeit lang nachher, wenn durch die erfolgende Erweiterung der Pupille mehr Licht ins Auge kommen kann. Uebrigens erhellet aus dem Angeführten leicht, warum die Bilder im finſtern Zimmer nie ſcharfe und genaue Umriſſe und nie die Deutlichkeit des Gegenſtandes haben, und warum ſie, bey übrigens gleicher Oeffnung und gleicher Entfernung der Wand davon, deſto lebhafter ſind, je mehr die ſich abbildenden Gegenſtände erleuchtet ſind.

In jedem Zimmer, vor welchem erleuchtete Gegenſtände ſtehen, deren Puncte durch die Fenſter des Zimmers Strahlenkegel auf die Wände des Zimmers werfen, würden Bilder dieſer Gegenſtände entſtehen müſſen. Da aber hier jeder Punct der Wand nicht bloß von einem Puncte der Gegenſtände, ſondern auch von unzähligen andern zugleich Licht empfängt, das er wieder zurückſtrahlt, ſo kann kein reines und unvermiſchtes Bild der Gegenſtände erzeugt werden; wir können alſo keine Bilder empfinden, ſondern ſehen bloß die zurückſtrahlenden Puncte der Wand ſelbſt.

Wenn in die Oeffnung f der Wand des finſtern Zimmers ab (Fig. 101.) eine kleine erhabene Glaslinſe geſetzt wird, deren Brennweite mehrere Fuß beträgt, ſo werden die divergi-

vergirenden Strahlen der Strahlenkegel, die von den leuchtenden Puncten der Gegenſtände nach der Linſe zu gehen, durch die Brechung zu convergirenden; wird nun die Wand, auf der ſich das Bild abmahlen ſoll, genau in den Vereinigungspunct der Strahlen der einzelnen Strahlenkegel geſtellt, ſo entſteht ein reineres Bild des ſtrahlenden Punctes, und ſo des ganzen Gegenſtandes auf der Wand in dieſer dioptriſchen Camera obſcura, als in der vorigen optiſchen. Da aber bey der verſchiedenen Entfernung mehrerer ſtrahlender Puncte der Objecte, und eines und deſſelben Objects, von der Linſe, der Vereinigungspunct der einzelnen Strahlen, die zu einerley Strahlenkegel gehören, ungleich weit von der Linſe entfernt iſt; ſo ſieht man leicht, daß man von den verſchiedentlich weit entfernten Gegenſtänden, oder Puncten der Gegenſtände, nicht gleich deutliche Bilder erhält.

Hierher gehört nun auch die tragbare Camera obſcura (Camera obſcura portatilis), der im Ganzen die Einrichtung des eigentlich finſtern Zimmers ähnlich iſt. (M. ſ. *Muſchenbroek* introd. ad philoſ. nat. §. 2333.)

Die Rheinthaleriſche *Camera clara* iſt im Grunde nichts weiter, als eine ſolche tragbare Camera obſcura, übertrifft aber an Nettigkeit der Abbildung und an Klarheit des Bildes die letztere ſehr; ihr Unterſchied iſt, daß das Bild darin nochmals durch ein erhabenes Glas betrachtet wird, und daß wegen der großen Oeffnung der Gläſer die Darſtellung darin ſehr licht und hell wird. Es ſey (Fig. 102.) DFGH ein hölzerner Kaſten, der zur Verhütung des falſchen Lichts inwendig ſchwarz gefärbt iſt. In der vordern Wand DG iſt ein erhaben geſchliffenes Glas; in der Diagonalfläche lm ſteht ein Planſpiegel, und in der obern Wand DF iſt wieder ein erhaben geſchliffenes Glas. Wenn nun die vordere Wand DG einem erleuchteten Gegenſtande zugekehrt iſt, der weiter davon abſteht, als die Brennweite der Linſe in DG beträgt; ſo würde er in dem Kaſten hinter der Linſe ein umgekehrtes Bild von ſich machen, das um deſto mehr verkleinert iſt und deſto näher gegen die Linſe zu ſteht, je weiter der Gegenſtand vom Glaſe entfernt iſt, wie aus dem Vorigen bekannt iſt. Ehe aber die Strahlen der einzelnen Strahlenkegel zu einem Puncte, oder zu einem Bilde des Punctes, zuſammentreffen können, fahren ſie auf den Planſpiegel lm, werden von dieſem unter eben dem Winkel reflectirt, unter dem ſie auffallen, und machen ein horizontales Bild des ganzen Gegenſtandes in der Verkleinerung, die der Weite des Gegenſtandes und der Krümmung der Linſe zugehörig iſt. Da dieſes Bild der obern Linſe näher liegt, als ihre Brennweite beträgt, ſo werden die davon ausfahrenden Strahlen bloß als minder divergirende ins Auge kommen, und alſo nur verurſachen, daß das Bild tiefer vom Auge hinabgeſetzt und unter einem größern Sehewinkel wahrgenommen wird. Je weiter der Gegenſtand von der Linſe in DG abrückt; deſto weiter liegt das Bild ab von der Linſe in DF hinab entfernt; deſto weniger

niger divergirend werden die Strahlen, die von den Puncten, welche das Bild machen und nach der Linſe in DF zu gehen, nach der Brechung in derſelben: folglich deſto weiter ſcheint das Bild entfernt. Daher bilden ſich Landſchaften u. dergl. Gegenſtände in dieſer Camera clara perſpectiviſch ab. Gewöhnlich iſt die Einrichtung ſo gemacht, daß die Wand DG vom Spiegel ml mehr oder weniger entfernt werden kann, wodurch das Bild eines nahen Gegenſtandes, welches durch das Glas in DF betrachtet wird, mehr oder weniger vergrößert erſcheint. Um das Bild in dieſer Camera clara zu ſehen, muß man das Auge über das Glas in FD halten. Es iſt aber zu merken, daß auf dieſes Glas wenig oder kein ſehr ſtarkes Licht von andern Gegenſtänden fallen muß, wenn man das Bild darunter gehörig deutlich ſehen will; daher iſt es am beſten, auf DF noch einen oben offenen viereckigen, inwendig geſchwärzten Kaſten von Pappe oder Holz zu ſetzen, in den man hinab ſieht.

2) Das Weſentliche der Zauberlaterne wird aus Folgendem erhellen. Im Brennpuncte F eines Hohlſpiegels ab (Fig. 103.) ſtehe die Flamme einer Lampe. Die divergirenden Strahlen Fg, Fe, Fh werden von demſelben als parallele zurückgeworfen; ſie treffen bey ihrem Fortgange auf das erhabene Glas kl und werden durch daſſelbe zu convergirenden Strahlen gemacht. Ehe ſie aber noch in dem Brennpuncte der Linſe kl zuſammenlaufen, treffen ſie auf die durchſcheinend gemahlte Abbildung auf Glas, das in ADB ſteht. (Die übrigen Stellen des Glaſes ſind undurchſichtig gemacht.) Die Strahlen gewähren ſolcher Geſtalt der Abbildung eine ſtarke Erleuchtung. Sie fahren convergirend auf die zweyte Glaslinſe mn und werden dadurch noch ſtärker convergirend; ſie treffen in f mit der Achſe zuſammen, durchkreuzen ſich daſelbſt, und gehen als divergirende auf die dritte Glaslinſe op, wo ſie, weil f näher liegt, als die Brennweite paralleler Strahlen iſt, als minder divergirende ausfahren. Steht nun die Lampe in ein Gehäuſe eingeſchloſſen, das bloß nach der Seite der Linſen zu offen iſt, ſo wird in einem dunkeln Zimmer auf der weißen Wand bda ein hell erleuchteter Kreis gebildet, wenn das Gemählde AB nicht da iſt, der deſto größer iſt, je weiter die Wand bda von der Zauberlaterne entfernt ſteht, der aber auch deſto mehr in der Intenſität ſeiner Erleuchtung geſchwächt iſt. Das letzte Glas op muß von mn mehr entfernt oder ihm mehr genähert werden können, damit die durch daſſelbe hindurch fahrenden Strahlen weniger oder mehr divergirend gemacht werden können. Wird das Gemählde an ſeinen Ort ADB geſtellt, ſo mahlt ſich das Bild auf der Wand bda ab, und zwar umgekehrt, wegen der Durchkreuzung der Strahlen in f. Da aber eigentlich von den Puncten des erleuchteten Gemähldes in AB nicht einzelne Lichtſtrahlen, ſondern Strahlenkegel ausfahren, deren Strahlen durch die Brechung in op wieder zu convergirenden werden, ſo wird das Bild auf der Wand bda nur bey einer gewiſſen Entfernung derſelben von der Linſe op die gehö-

gehörige Deutlichkeit haben, nämlich nur alsdann, wenn die Vereinigungspuncte der Strahlen einzelner Strahlenkegel genau auf die Wand treffen. Iſt dies nicht der Fall, ſo muß man die Linſe op, oder die ganze Geräthſchaft, ſo lange verſchieben, bis das Bild die gehörige Deutlichkeit hat. Damit das Bild gerade werde, ſtellt man das Gemählde in AB verkehrt. Läßt man das Bild in einen aufſteigenden Rauch fallen, ſo ſcheint es einen körperlichen Raum einzunehmen und kann täuſchende Erſcheinungen hervorbringen.

3) Das Sonnenmikroſkop, deſſen Erfinder der ſel. Lieberkühn iſt, iſt von der Zauberlaterne dadurch unterſchieden, daß die Erleuchtung dabey durch das ungleich ſtärkere Sonnenlicht erhalten wird. Es werden nämlich die Strahlen der Sonne durch einen Planſpiegel auf eine in der Oeffnung des finſtern Zimmers ſtehende Glaslinſe ſenkrecht reflectirt und durch Brechung zu convergirenden gemacht; ehe ſie aber noch in den Brennpunct der Linſe zuſammenlaufen, treffen ſie in dem Rohre, worein man ſie gehen läßt, auf einen kleinen durchſcheinenden Gegenſtand, der in einem Objectenträger gehalten wird, und gewähren ihm ſo eine ſehr ſtarke Erleuchtung. Die davon ausfahrenden Lichtſtrahlen gehen dann wieder auf eine kleine mikroſkopiſche Linſe, die der erſtern Linſe etwas näher ſteht, als die Summe ihrer Brennweiten beträgt, damit die Strahlen als ſtark divergirende aus ihr herausfahren. Stellt man nun eine weiße Wand gegen über, ſo bildet ſich das kleine Object darauf ungemein ſtark vergrößert ab, und zwar um deſto mehr, je weiter man die Wand davon entfernt, oder je kleiner die Brennweite der mikroſkopiſchen Linſe iſt. Eigentlich iſt es doch nur der Schatten des Objects, der ſeine Umriſſe beſtimmt, obgleich auch die durchſcheinenden Stellen deſſelben Licht durchlaſſen, und daher auch im Bilde die Farbe zeigen, die ſie ſelbſt haben.

Die nähere Beſchaffenheit dieſer ſchätzbaren Vorrichtung läßt ſich am beſten durch die Zerlegung derſelben und durch ihren Gebrauch zeigen.

§. 714. **Hohlgläſer** (§. 705.), namentlich das Planconcavglas, das concavconcave, und convexconcave, zerſtreuen die Strahlen, welche von den erhabenen Gläſern geſammelt werden (§. 707.), und heißen deswegen auch **Zerſtreuungsgläſer**. 1) **Parallel** mit der Achſe darauf fallende Strahlen werden nach dem Brechen divergirend, und haben eine Richtung, als wenn ſie alle aus einem Puncte kämen, der auf der andern Seite des Glaſes liegt und der

Zerſtreuungspunct (Punctum diſperſionis) oder der eingebildete Brennpunct heißt; 2) divergirend darauf fallende Strahlen werden nach dem Brechen noch mehr divergirend; und 3) convergirend auffallende werden entweder weniger convergirend, oder parallel, oder gar divergirend, je nachdem ihre Convergenz größer oder geringer iſt.

1) Es falle (Fig. 104.) auf die biconcave Glaslinſe ab der Strahl op, ſo wird er, weil er ſenkrecht auf den Flächen der Linſe ſteht, ungebrochen nach k hindurchgehen. Mit dieſem fallen die Strahlen nd und me parallel. Sie werden auf dem Einfallspuncte der erſtern Krümmung der Linſe dem Einfallslothe zugelenkt, und beym Austritte aus der andern Krümmung vom Einfallslothe daſelbſt abgelenkt, und erhalten die Richtung nach t und ſ. Sie fahren alſo divergirend aus, ſo, als wenn ſie, ohne die Linſe, von F herkämen. Dieſen Punct F nennt man daher auch den eingebildeten Brennpunct der parallelen auf die Linſe fallenden Strahlen.

2) Es fallen (Fig. 105.) von dem Puncte d die divergirend ausgehenden Strahlen df, de und dg auf die biconvexe Linſe ab. Der Strahl de geht ungebrochen durch nach l, da er ſenkrecht darauf ſteht; die Strahlen df und dg hingegen werden durch die doppelten Brechungen auf beyden Flächen der Linſe in die Richtungen nach k und m gebracht und fahren ſo aus dem Glaſe, als ob ſie von o herkämen. Da der Winkel kom größer iſt, als fdg, ſo iſt die Divergenz der Strahlen vermehrt.

3) Es fallen (Fig. 105.) die convergirenden Strahlen k, l, und m auf die Linſe ab; ſie werden durch die Brechung nach d zu gehen und daſelbſt zuſammentreffen. Da nun fdg kleiner iſt, als kom, ſo iſt die Convergenz vermindert.

Wenn die convergirenden Strahlen t, k, ſ (Fig. 104.) nach dem imaginären Brennpuncte F der biconvexen Linſe ab zu gerichtet ſind, ſo werden ſie durch die Brechung zu den parallelen dn, po, em.

Wenn endlich die convergirenden Strahlen t, k, und ſ (Fig. 106.) nach o, als der doppelten Brennweite der Linſe ab, zu gerichtet ſind, ſo werden ſie nach der Brechung ſo divergiren, als ob ſie von der doppelten Brennweite der Linſe auf der andern Seite herrührten.

* * *

Um den Abſtand des imaginären Vereinigungspunctes der von einem Gegenſtande auf die Hohlgläſer fahrenden divergi-

vergirenden oder parallelen Strahlen hinter der Linſe, oder x, zu finden, dient die oben (§. 708. Anm.) hergeleitete Formel ebenfalls, wenn der Abſtand des ſtrahlenden Punctes (d), die Halbmeſſer der Krümmungen der Linſe (R, r), und das Brechungsverhältniß (p : q) gegeben iſt; nur mit dem Unterſchiede, daß der Zähler des Bruchs das Zeichen: —, erhält, und der Vereinigungspunct alſo rückwärts hinter der Linſe liegt.

Es iſt dieſemnach im Allgemeinen $x = \frac{-dqRr}{d(p-q)(R+r) - qRr}$. Für parallele Strahlen, wo $d = \infty$, wird $x = \frac{-qRr}{(p-q)(R+r)}$. 1) Iſt die Glaslinſe biconcav, und zwar mit gleichen Halbmeſſern der Krümmung, ſo iſt für parallele Strahlen $x = \frac{-qr^2}{2r(p-q)}$; und wenn beym Glaſe $p : q = 3 : 2$ angenommen wird, ſo iſt in dieſem Falle $x = -r$. 2) Wenn die Glaslinſe planconcav iſt, ſo iſt, weil dann $R = \infty$ zu ſetzen iſt, für parallele Strahlen $x = \frac{-qr}{p-q}$; und wenn wir $p : q = 3 : 2$ nehmen, $x = -2r$. 3) Iſt das Glas convexconcav, ſo iſt für parallele Strahlen $x = \frac{-qRr}{(p-q)(r-R)}$; und für das angeführte Brechungsverhältniß des Glaſes iſt $x = \frac{-2Rr}{R-r} = \frac{-Rr}{\frac{1}{2}(R-r)}$.

§. 715. Da die Hohlgläſer die Strahlen, welche divergirend von einem Gegenſtande ausfahren (§. 714.), zerſtreuen, und der Punct des Bildes eines Gegenſtandes nur da geſehen werden kann, wo zwey unendlich nahe einfallende Strahlen ſich durchſchneiden (§. 682.), dieſes aber in Hohlgläſern nicht geſchieht; ſo ſieht man, daß ſie auch kein Bild von den Gegenſtänden machen können. Da ſie aber aus dem Glaſe in einer ſolchen Lage aus einander fahren, daß ſie rückwärts verlängert hinter dem Glaſe in einerley Vereinigungspunct zuſammenlaufen würden, ſo nimmt man dieſen eingebildeten Vereinigungspunct der Strahlen von einem Objecte als das Bild des Objects

Objects an. Dieſes Bild iſt aber nur ein mathematiſches, und kein phyſiſches Bild. Auch jedes erhabene Glas hat die Natur des Hohlglaſes, wenn der Gegenſtand demſelben näher liegt, als der Brennpunct (§. 711. n. 7.).

Verſchiedene Brechbarkeit des farbigen Lichts.

Newtons Farbentheorie.

§. 716. Mit der Brechung des Lichts in durchſichtigen Mitteln von verſchiedener Dichtigkeit iſt noch ein anderer merkwürdiger Erfolg verbunden, nämlich die Trennung des weißen Lichtſtrahls in mehrere gefärbte. Wenn man dieſemnach ein dünnes Bündel weißer Sonnenſtrahlen FG (Fig. 107.) durch eine kleine runde Oeffnung von ungefähr $\frac{1}{4}$ Zoll im Durchmeſſer in ein dunkles verfinſtertes Zimmer ſo fallen läßt, daß es von einem gläſernen horizontal geſtellten dreyſeitigen Prisma P aufgefangen wird, ſo wird der Strahl nach dem Durchgange durchs Prisma auf der vertical ſtehenden Wand in I kein rundes und weißes Bild der Sonne machen, wie er thun müßte, da bey der Brechung in ebenen Flächen parallele Strahlen parallel bleiben (§. 701.); ſondern man ſieht auf der Wand ein längliches **Farbenbild** (Spectrum) BC, das an den beyden Seiten durch gerade parallele Linien, oben und unten aber durch Cirkelbogen begrenzt iſt, und aus folgenden über einander liegenden, in einander fließenden, und verſchiedentlich gefärbten Streifen beſteht; nämlich von unten nach oben zu: roth,

roth, orange, hellgelb, grün, hellblau, indigoblau, violett.

§. 717. Ehe wir zur Erklärung dieſes an fruchtbaren Folgerungen ſo überaus reichen Phänomens übergehen, das ſeit **Newton** den Namen der **verſchiedenen Brechbarkeit des Lichts** (Diverſa refrangibilitas ſtaminum lucis) erhalten hat, wollen wir erſt noch mehrere Umſtände des Phänomens näher betrachten, die zur Erläuterung der Theorie des unſterblichen Erfinders und ſeiner darauf gebaueten Lehre von den Farben abzwecken.

Optice, ſive de reflexionibus, refractionibus, inflexionibus et coloribus lucis, libri III, auct. *Iſ. Newtono*, lat. redd. *Sam. Clarke*, Lond. 1706. 4.

§. 718. Die Breite des auf der Wand in BC (Fig. 107.) hervorgebrachten Farbenbildes iſt die des weißen Kreiſes, der ohne das Prisma von dem Strahle Fg in I würde gebildet werden; die Länge des Bildes übertrifft die Breite etwa fünfmal. Wenn man die Länge des Farbenbildes = 1 ſetzt, ſo beträgt die Höhe des rothen farbigen Streifens $\frac{1}{8}$, des orangefarbenen $\frac{3}{40}$, des hellgelben $\frac{2}{15}$, des grünen $\frac{1}{6}$, des hellblauen $\frac{1}{6}$, des indigoblauen $\frac{1}{9}$, des violblauen $\frac{2}{9}$. Theilt man die Peripherie eines Kreiſes nach Verhältniß dieſer Räume ein, ſo kommen für das Rothe 45, für das Orangegelbe 27, für das Hellgelbe 48, für das Grüne 60, für das Hellblaue 60, für das Indigoblaue 40, und für das Violblaue 80 Grade dieſer Peripherie.

§. 719. Wenn man die durch das erſtere Prisma P hindurch gehenden gefärbten Strahlen (Fig. 108.) etwa in der Entfernung von einem Fuße durch ein zweytes dreyſeitiges Prisma AB, deſſen Achſe vertical geſtellt iſt, gehen läßt, ſo erſcheint das Farbenbild auf der Wand mit denſelben Dimenſionen und in ſeiner Farbenreihe dem erſtern ähnlich, aber in einer geneigten Stellung MN.

§. 720. Wenn man in dem Verſuche (Fig. 107.) durchſichtige Gläſer, die gleichförmig roth, oder grün, oder blau gefärbt, und auf beyden Flächen eben ſind, hinter das Prisma in der Entfernung von einem Fuße in die aus demſelben fahrenden gefärbten Strahlen hält, ſo läßt jedes Glas nur diejenigen gefärbten Strahlen durch, die es im gebrochenen Lichte zeigt, und die durchgehenden Strahlen bilden auf der Wand einen einzigen, gleichförmig gefärbten Kreis, deſſen Durchmeſſer die Breite des Farbenbildes hat.

§. 721. Man laſſe einzelne gefärbte Strahlen, die aus dem erſten Prisma SVT (Fig. 109.) herauskommen, in einer hinlänglichen Entfernung durch eine kleine Oeffnung X eines vertical geſtellten Bretes PQ gehen, und, um die darüber oder darunter befindlichen anders gefärbten Strahlen deſto beſſer abzuſondern, ſie noch einmal durch die eben ſo große Oeffnung eines andern Bretes pq treten, das mit dem erſtern parallel und etwa 10 bis 12 Fuß davon geſtellt iſt. Die durchgehenden Strahlen fange man mit einem zweyten Prisma stv auf, ſo wird der ein-

fach gefärbte Strahl auf der Wand Yy nach dieſem zweyten Brechen in der Farbe ungeändert erſcheinen und ein kreisrundes Bild auf der Wand machen. Durch ſanfte Umdrehung des erſtern Prisma SVT kann man nach und nach alle einfach gefärbte Strahlen des ſiebenfachen Farbenbildes durch das Loch in X bringen. Wenn ſie nun ſo alle einzeln nach und nach unter einerley Einfallswinkel auf das zweyte Prisma stv gebracht worden ſind, ſo wird man wahrnehmen, das der rothe Strahl auf der Wand Yy am niedrigſten nach Z zu, der orangefarbene etwas höher, der gelbe noch etwas höher, und ſo immer fort, nach der Reihe der Farben im Farbenbilde von unten auf zu liegen kommen. Der rothe Strahl wird alſo weniger gebrochen, als der grüne; dieſer weniger, als der blaue; und der violette am ſtärkſten. **Die verſchiedenen Strahlen des ſiebenfachen farbigen Lichts in dem Farbenbilde des Prisma haben alſo ein verſchiedenes Brechungsverhältniß in einerley brechenden Mitteln.**

Wenn wir den gemeinſchaftlichen Einfallsſinus bey den verſchiedentlich gefärbten Strahlen des Farbenbildes = 1 ſetzen, ſo iſt der Brechungsſinus, wenn das Licht aus einem und demſelben Glaſe in die Luft tritt, in dem Lichte des Farbenbildes:

für die rothen Strahlen von der unterſten Grenze des Farbenbildes bis zur Grenze des Orangegelb = 1,54 bis 1,5425;

für die orangefarbenen bis zur Grenze des Hellgelb = 1,5425 bis 1,544;

für die hellgelben bis zur Grenze des Grün = 1,544 bis 1,54667;

für die grünen bis zur Grenze des Hellblau = 1,54667 bis 1,55;

für die hellblauen bis zur Grenze des Indigoblau = 1,55 bis 1,55333;

für

für die indigoblauen bis zur Grenze des Violett = 1,55333 bis 1,55555;
für die violetten bis zur oberſten Grenze des Farbenbildes = 1,55555 bis 1,56.
Die größte Brechbarkeit des violblauen und die kleinſte des rothen Strahls iſt alſo gegen einander wie 1,56 : 1,54 = 78 : 77.

§. 722. Man laſſe auf ein rechtwinkliges Priſma IKL (Fig. 110.) im finſtern Zimmer ein Bündel Sonnenſtrahlen ſo fallen, daß es auf die Fläche IK des Priſma faſt perpendiculär zu ſtehen kommt, ſo wird es durch dieſe Fläche ungebrochen durchgehen, aber beym Austritte aus dieſer Fläche IL in M gebrochen werden und ein Farbenbild QRS auf der verticalen Wand NN machen. Man drehe nun das Priſma IKL von I nach K allmählig um ſeine Achſe, während man noch ein anderes Priſma in VTX geſtellt hat, deſſen zwey breitere Flächen einen Winkel von etwa 55 Grad mit einander machen. So wie jetzt durch die Umdrehung des Priſma IKL der Strahl gegen die Fläche IL unter einem Winkel von 50 Gr. zu fallen anfängt, ſo wird, wie ſchon oben (§. 699.) bemerkt worden iſt, ein Theil des Lichts durch M nicht mehr hindurchgehen, ſondern die Brechung wird ſich in Zurückſtrahlung verwandeln, und es wird endlich alles Licht reflectirt werden, ſo wie der Winkel kleiner wird. Bey dieſer allmähligen Abnahme des Winkels durch die Umdrehung des Priſma fängt nun ein Theil Licht an, nach O zu reflectirt zu werden; wird es nun hier von einem andern Priſma gebrochen, ſo bildet ſich auf der Wand PQ ein Farbenbild, und zwar zuerſt ein violblaues in q, hernach auch noch das andere

Blau daneben, dann ein grünes in r, u. ſ. w., fort, bis zuletzt auch das Roth in s dazu kommt, ſo wie man fortfährt, das Prisma IKL allmählig von I nach K umzudrehen. So wie aber die blau gefärbten Strahlen in q zum Vorſcheine kommen, ſo fangen ſie an, dem erſten Bilde in Q zu mangeln; und die Farbe, die in Q zuerſt verſchwindet, erſcheint zuerſt in q, u. ſ. f. Ein Beweis, daß unter den angeführten Umſtänden die blauen Strahlen eher reflectirt werden, als die grünen; dieſe eher, als die rothen; oder daß die brechbarſten Strahlen auch am leichteſten in M reflectirt werden.

§. 723. Man laſſe einen Strahlencylinder durch eine runde Oeffnung in das finſtere Zimmer in horizontaler Richtung treten; man laſſe ihn in der Entfernung von 10 bis 12 Fuß von der Oeffnung auf eine vertical ſtehende erhabene Glaslinſe LL (Fig. 111.), deren Brennweite 4 bis 5 Fuß beträgt, fallen, und die durchgehenden Strahlen nun durch das nahe dahinter geſtellte Prisma CD brechen. Wenn man nun das Farbenbild ef in der Brennweite der Linſe auffängt, ſo ſieht man es länglich und ſchmal, und die Farben viel deutlicher, als ohne die Linſe LL geſchehen würde. Der Strahlencylinder würde ohne die Linſe und ohne das Prisma auf der Wand den weiß leuchtenden Kreis abcd bilden; durch die Linſe allein, ohne das Prisma, würden die Strahlen zu convergirenden werden, und alſo einen kleinen Kreis machen, deſſen Centrum mit dem des vorigen einerley bliebe. Durch das Prisma wird der convergirende Strahlenkegel des weißen Lichts

in

in ſo viele kleinere geſpalten, als verſchiedene Arten des Lichts von verſchiedener Brechbarkeit, (das ſind eigentlich unzählige,) in dem weißen Lichte enthalten ſind; und es zeigen ſich auf der Wand die Durchſchnitte dieſer einzelnen Kegel des verſchiedentlich gefärbten Lichts, worin folglich nun jede Art der Farbe in einen kleinern Kreis verengert iſt. Weil ferner die Mittelpuncte dieſer kleinen Kreiſe verhältnißmäßig eben ſo weit von einander abſtehen, als die der größern in einander fließenden des Farbenbildes EF, das ohne die Linſe LL erhalten werden kann, ſo erſcheint die Farbe lebhafter und reiner, als die Farbe der einzelnen Streifen im gewöhnlichen Farbenbilde EF. Indeſſen muß man nicht erwarten, daß in dieſem Falle die Kreiſe wirklich von einander getrennt und abgeſondert geſehen werden.

§. 724. Wenn man im finſtern Zimmer die aus dem Prisma fahrenden gefärbten Strahlen alle durch eine convexe Linſe auffängt, ſo hat man im Brennpuncte derſelben wieder das weiße, helle und runde Bild der Sonne, das man mit einem weißen Papiere auffangen kann. Hält man dieſes näher nach der Linſe zu, ſo erſcheint das vorige gefärbte Bild wieder, nur mehr verengert, und in der vorigen Ordnung der Farben. Fängt man aber die Strahlen in einer größern Entfernung, als die Brennweite beträgt, dadurch auf, ſo iſt auch das gefärbte Bild wieder da; aber die Farben liegen in umgekehrter Ordnung, wegen der Durchkreuzung der Strahlen im Brennpuncte,

und

und das Bild iſt deſto größer, je weiter man das Papier entfernt.

§. 725. Wenn man einzelne Bündel der ſieben gefärbten Lichtſtrahlen nach §. 721. durch eine convexe Linſe auffängt, ſo iſt das Bild davon im Brennpuncte der Linſe zirkelrund, und hat dieſelbe Farbe, als das darauf fallende gefärbte Licht. Die Brennweite der rothen Strahlen iſt aber länger, als die der übrigen; die der blauen Strahlen am kürzeſten, nach Verhältniß ihrer verſchiedenen Brechbarkeit (§. 721. Anm.).

§. 726. Wenn man den durch eine runde Oeffnung in ein finſteres Zimmer fallenden Strahlencylinder in horizontaler Richtung mit einem gläſernen Kegel auffängt, dergeſtalt, daß die Spitze des Kegels den Strahlen zugekehrt iſt; ſo zeigt ſich auf der dahinter ſtehenden verticalen Wand ein ſchöner Kreis von den ſieben Farben des Prisma, deſſen Durchmeſſer immer größer wird, je weiter man die Wand vom Kegel entfernt, ſo wie dann auch die Breite der farbigen Flächen zunimmt. Die rothe Farbe liegt nach innen, die violette nach außen. Hält man die Grundfläche des Kegels gegen den einfallenden Strahl, ſo zeigt ſich dieſe Erſcheinung nicht.

Es ſey (Fig. 112.) ABC ein gläſerner Kegel im Durchſchnitte, auf welchen der Strahlencylinder DdEe fällt. Der Strahl SA, der auf des Kegels Spitze A trifft, geht ungebrochen durch nach ſ, da er des Kegels Achſe iſt. Die Strahlen, die oberhalb SA liegen, werden nach unten zu, und die unterhalb SA kommen, nach oben zu durch den Kegel gebrochen. Es wird nämlich der Strahl Dd erſt in d dem Einfallslothe ih zugelenkt, und beym Ausgange auf der Grundfläche BC vom Einfallslothe mn abgelenkt. Da nun die violetten Strahlen ſtärker brechbar ſind, als die rothen, ſo wird auch dieſemnach das violette Licht mehr als das rothe nach unten zu unter die Achſe des Kegels abgelenkt

lenkt werden. Der Strahl Ee, der unterhalb der Achſe SA des Kegels auffällt, wird in e erſt dem Einfallslothe fg zugelenkt, und beym Ausgange aus des Kegels Grundfläche BC vom Einfallslothe kl abgelenkt; und weil die violetten Strahlen brechbarer ſind, als die rothen, ſo kommen die erſtern weiter von der Achſe des Kegels Aſ hinaufwärts, als die letztern. — So liegen alſo in dem ganzen bunten Kreiſe, der ſich bildet, die violetten nach außen, die rothen nach innen, und die andern verhältnißmäßig dazwiſchen.

Wenn hingegen (Fig. 113.) der Strahlencylinder DSE gegen des Kegels Grundfläche BC fällt, ſo entſteht kein farbiger Kreis. Der mittlere Strahl S geht ungebrochen durch die Spitze des Kegels, da er deſſen Achſe iſt. Der Strahl D ſteht auch auf der Grundfläche BC ſenkrecht; er geht alſo ungebrochen ins Glas; da er aber auf der Fläche BA ſo ſchief ſteht, daß beym Ausgange aus dieſer Fläche in E in die Luft der Brechungsſinus größer werden würde, als der Sinus totus, ſo verwandelt ſich die Brechung in Zurückſtrahlung (§. 699.); er geht alſo nach der Fläche CA zu, wo er ungebrochen durchgehen muß, da er ſenkrecht oder nahe ſenkrecht darauf iſt. So iſt es mit allen über und unter der Achſe SA auf die Fläche BC ſenkrecht fallenden Strahlen.

§. 727. Aus der verſchiedenen Brechbarkeit der einfachen Lichtſtrahlen (§. 721.) folgt auch, daß in den verſchiedentlichen Linſen die einfachen Strahlen des weißen Lichts, die von einerley Punct kommen, nach den Brechungen nicht in einerley Vereinigungspunct zuſammenlaufen, ſondern daß es vielmehr für jedes einfache Licht einen eignen Vereinigungspunct gebe; daß ſie folglich auch ſo viele Bilder machen, als einfache Arten des Lichts in dem weißen enthalten ſind. Es decken ſich zwar dieſe verſchiedenen Bilder größten Theils, doch nicht vollkommen, und daher ſieht man einen violetten und blauen Rand um die Bilder, die durch erhabene Linſen in dioptriſchen Werkzeugen gebildet werden. Es folgt hieraus eine andere Art von Unvollkommenheit (§. 709.) der dioptriſchen Werkzeuge, welche man die **Abweichung der Strah**

len

len wegen der Farben (Aberratio ob diverſam refrangibilitatem) nennt.

§. 728. Die Darſtellung der gefärbten Strahlen aus weißem Lichte geſchieht nicht allein durch Glas, ſondern durch jeden durchſichtigen Körper, deſſen Flächen brechende Winkel bilden. Nicht allein das Sonnenlicht, ſondern jedes andere Licht brennender Körper erleidet im Prisma die erwähnte Brechbarkeit und Abſonderung in einfache Farben.

§. 729. Aus dieſen bisher vorgetragenen Erfahrungsſätzen (§. 716 — 728.) folgt nun nach **Newton**, daß das weiße Licht aus verſchiedenen Gattungen des einfachen Lichts vermiſcht beſtehe, die eine verſchiedene Brechbarkeit (Refrangibilitas) beſitzen, deren Verhältniß im §. 721. angegeben worden iſt; und die eben aus dieſer Urſache, wenn ſie in der Vermiſchung, als weißes Licht, gleichen Einfallswinkel in der brechenden Fläche hatten, nicht gleichen Brechungswinkel haben können, folglich nun von einander abgeſondert werden müſſen und die ihnen eigenthümliche Farbe zeigen. Von dieſer Verſchiedenheit der Brechbarkeit der verſchiedenen Gattungen des farbigen Lichts, die zuſammen das Weiße ausmachen, rührt es nun her, daß das Farbenbild (§. 718.) länglich wird. Denn wenn man gleich gewöhnlich nur die erwähnten ſieben Gattungen des farbigen Lichts annimmt, ſo giebt es doch eigentlich in jeder Art unzählige Verſchiedenheiten der Brechbarkeit, die zwiſchen der größten und kleinſten Brechbarkeit inne liegen.

Wenn

Wenn wir alſo erſt auf diejenigen der ſieben Gattungen des farbigen Lichts Rückſicht nehmen, die die größte Brechbarkeit beſitzen, nämlich die äußerſten violetten, ſo würden ſie in der angeführten Erfahrung für ſich allein ein kreisrundes Bild der Sonne auf der weißen Wand machen müſſen, wenn das Prisma die gehörige Stellung hat. Kommen nun hierzu noch die zunächſt darauf folgenden minder brechbaren violetten, ſo würden auch dieſe einen violetten Kreis bilden, der das Bild der Sonne iſt, deſſen Mittelpunct aber mit dem des vorigen nahe zuſammenfällt. So geht es nun fort, durch alle unzählige Gattungen des violetten Lichts bis zu den am mehrſten brechbaren Gattungen der indigoblauen Strahlen, und ſo weiter bis herab zu den am wenigſten brechbaren rothen. Es entſtehen alſo lauter in einander fließende Kreiſe der unzählig verſchiedenen Arten des farbigen Lichts, wovon wir freylich nur ſieben verſchiedene Gattungen des Lichts, nach der Beſchränktheit unſrer ſubjectiven Einrichtung, unterſcheiden können, bey denen wir aber doch wahrnehmen, daß keine ſcharfe Grenzlinie dieſe ſieben verſchiedenen Gattungen von einander abſondert. So wird es nun einleuchtend, warum das Farbenbild zur Seite durch parallele gerade Linien, oben und unten aber durch Zirkelbogen begrenzt iſt. Die längliche Geſtalt des Farbenbildes iſt alſo bloß Folge der verſchiedenen Brechbarkeit, und die Erfahrung im §. 719. beſtätigt es vollkommen. Denn wenn ſie nur von der bloßen Distraction des Lichts herrührte, ſo müßte die zweyte Brechung (Fig. 108.) es nachher auch

auch in der Breite ausdehnen, und dann müßte das neue Farbenbild die Figur des Quadrats MmNn haben, was nicht iſt. Die Erfahrungen des §. 720. — 723., 725. und 726. ſetzen es endlich außer allen Zweifel, daß aus dem weißen Lichte verſchiedene Gattungen farbigen Lichts entſpringen können, die eine verſchiedene Brechbarkeit beſitzen; und der Verſuch im §. 721. beweiſet nun noch insbeſondere, daß die verſchiedenen einzelnen Gattungen des farbigen Lichts die ihm zukommende Brechbarkeit eigenthümlich haben, und daß ihre Farbe unveränderlich und von ihnen unzertrennlich iſt. Die Entdeckungen dieſer Thatſachen durch die angeführten analytiſchen Unterſuchungen beſtätigte **Newton** durch ſynthetiſche Verſuche, dergleichen der §. 724. enthält; und verſchaffte ſo ſeiner unſterblichen Theorie denjenigen Grad von Evidenz, der bey Gegenſtänden der Erfahrung nur zu erreichen möglich iſt.

Newtons oben (§. 717.) angeführtes Werk; ingl. deſſelben *Lectiones opticae*, in ſeinen *opuscul. mathematic., philoſoph. et philolog.* T. II. *Lauſannae et Genev.* 1746. 4. S. 73. ff.

§. 730. Ungeachtet alſo zwar eigentlich unzählige Gattungen des verſchiedentlich brechbaren gefärbten Lichts in dem weißen Lichte enthalten ſind, ſo können wir doch, weil wir ſieben Gattungen daran unterſcheiden, nämlich **Roth**, **Orangegelb**, **Hellgelb**, **Grün**, **Hellblau**, **Indigoblau** und **Violett**, dieſe mit Recht als ſieben verſchiedene Gattungen des einfachen Lichts anſehen, wobey wir aber in jeder Gattung

tung allmählige Abſtufungen von den am mehreſten bis zu den am wenigſten brechbaren dieſer Gattung annehmen müſſen.

§. 731. Da die einzelnen Strahlen dieſer ſieben Gattungen des Lichts durch wiederholte Brechungen oder Zurückſtrahlungen (§. 721.) nicht in der Farbe geändert, und in Licht von andern Farben zerſtreuet oder zertheilt werden, ſo müſſen wir ſie für **einfach** anerkennen. Solches Licht, deſſen Farbe durchs Brechen nicht weiter veränderlich iſt, heißt **homogenes Licht**; und ſolches, das durchs Brechen verſchiedentlich gefärbte Strahlen zeigt, **heterogenes Licht.** Dieſes heterogene Licht kann dem homogenen Lichte in der Farbe ähnlich ſeyn, aber die damit veranſtaltete Brechung durch ein Prisma zeigt die Zuſammenſetzung im erſtern, und die Einfachheit im letztern bald. Solche Täuſchungen haben mehrere vergebliche Widerſprüche gegen Newtons Theorie veranlaßt. Die Verſuche, welche Hr. **Wünſch** neulich mitgetheilt hat, verdienen indeſſen die Aufmerkſamkeit der Phyſiker und die genaue Wiederholung um ſo mehr, da ſie **Newtons** Farbenlehre nur einfacher machen, nicht aber ſeiner Theorie von der verſchiedenen Brechbarkeit des Lichts widerſprechen. Nach Hrn. **Wünſch** ſind nämlich nur drey Gattungen des farbigen Lichts im Farbenbilde **einfach**, nämlich **Roth**, **Grün** und **Violett**, hingegen das **Orangegelb**, **Gelb**, **Hellblau** und **Indigoblau** zuſammengeſetzt: das Orangegelb aus dem lebhafteſten rothen und dem ſchwachen grünen Lichte; das Gelb aus dem lebhafteſten rothen und

und dem lebhafteſten grünen; das Hellblau aus dem geſättigten grünen und dem geſättigten violetten; und das Indigoblau aus dem ſchwachen grünen und dem geſättigten violetten Lichte.

Verſuche und Beobachtungen über die Farben des Lichts, angeſtellt und beſchrieben von Chriſt. Ernſt Wünſch. Leipz. 1792. 8.

Man hat insbeſondere gezweifelt, ob die grüne Farbe des Farbenbildes von homogenem Lichte herrühre, oder einfach ſey, da man auch durch Vermiſchung des blauen und gelben Lichts ein grünes Farbenbild erhalten könne. Es fallen z. B. (Fig. 114.) in ein finſteres Zimmer auf die beyden über einander ſtehenden Prismen G und g zwey verſchiedene Strahlencylinder des weißen Lichts S und ſ, und zwar ſey bey dem einen Prisma G der brechende Winkel oben, bey dem andern g unten. In den aus dem Prisma G fahrenden abgeſonderten farbigen Strahlen liegt aus leicht zu erachtenden Urſachen der rothe Strahl oben, der violette unten; im untern Prisma g iſt es umgekehrt. Man laſſe einzelne gefärbte Strahlen dieſer beyden Prismen durch die beyden Oeffnungen C und D von etwa ⅟₄ Zoll Durchmeſſer in dem verticalen Brete AB, das in hinlänglicher Entfernung von den Prismen geſtellt wird, gehen, und bey ihrer Vereinigung auf die bewegliche Wand EE in F auffallen. Durch ſanfte Umdrehung der Prismen um ihre Achſe kann man ſo nach und nach alle Arten des homogenen Lichts mit einander zuſammenfallen laſſen. Man wird wahrnehmen, daß aus dem gelben Lichte des einen, und dem blauen des andern Prisma ein grünes Farbenbild hervorgebracht wird. Allein wenn man dieſes heterogene Grün mit einem andern Prisma betrachtet, ſo findet man es in ſeine Grundfarben wieder aufgelöſ't, welches bey dem homogenen Farbenbilde dieſer Art nicht geſchieht.

So behaupteten auch Mariotte und Bizetti, durch ähnliche Täuſchungen verleitet, daß das homogene grüne Licht des Prisma durch wiederholtes Brechen geändert werde. Es ſind nämlich bey der Anſtellung dieſer Verſuche genaue Vorſichtsregeln nöthig, deren Vernachläſſigung leicht eine Quelle zu Fehlſchlüſſen und Irrthümern werden kann. Wenn nämlich das Zimmer nicht durchaus verfinſtert iſt, und von irgend wo her zuſammengeſetztes Licht mit durchs Prisma gehen kann, ſo kann es freylich geſchehen, daß das Farbenbild des einfachen Lichts noch anders gefärbte Ränder hat.

§. 732. Die Urſache der Verſchiedenheit der Brechbarkeit der unterſchiedenen Gattungen des einfachen

fachen Lichts liegt nun wohl ohne Zweifel in der ungleichen Anziehung des brechenden Körpers gegen dieſe Gattungen des einfachen Lichts, und läßt ſich aus dem, was oben (§. 698. Anm.) von der Urſach der Brechbarkeit überhaupt angeführt iſt, erklären. Die Urſach aber, warum dieſe oder jene Gattung des Lichts im Auge diejenige Empfindung bewirkt, mit der die Vorſtellung dieſer oder jener Lichtfarbe verknüpft iſt, macht keinen Gegenſtand unſerer Erfahrungskenntniß aus, und alſo läßt ſich auch davon nichts weiter ſagen.

Muſchenbroek a. a. O. §. 1813.

§. 733. Die Fähigkeit eines brechenden Mittels, die verſchiedenen Gattungen des farbigen Lichts bey der Brechung von einander abzuſondern, ſteht übrigens nicht im Verhältniſſe mit ſeiner Brechkraft. So kann alſo die **farben-zerſtreuende Kraft** eines Mittels geringer ſeyn, obgleich die **Brechkraft** deſſelben größer iſt, als in einem andern; und ſo kann auch die Verkürzung des Brechungsſinus z. B. bey rothen Strahlen zu der Verkürzung deſſelben bey violetten Strahlen in verſchiedenen brechenden Mitteln in verſchiedenem Verhältniſſe ſtehen.

Auf dieſen Satz, den Newton noch nicht kannte, gründet ſich die Möglichkeit der achromatiſchen Fernröhre.

§. 734. Wir können nun aus dem bisher Vorgetragenen Anwendungen zur Erklärung der **Farben** (Colores) machen, welche die Körper zeigen. Wenn das Sonnenlicht nur aus einerley Gattung des homogenen Lichts beſtünde, ſo würde nur einerley Farbe

in

in der Welt ſeyn. Die Verſchiedenheit der Farben, welche die leuchtenden oder erleuchteten Körper zeigen, rührt folglich daher, daß ſie Strahlen einer oder mehrerer Gattungen ausſtrömen oder zurückwerfen, die in unſern Augen beſondere Empfindungen hervorbringen, mit welchen die Vorſtellung der verſchiedenen Farben verknüpft iſt.

§. 735. Die **weiße** Farbe entſteht alſo, wenn ein Körper die weißen Lichtſtrahlen unzerſetzt oder auch Licht von allen Gattungen in gehörigem Verhältniſſe, in unſer Auge ſchickt, und ſie iſt alſo eine Vermiſchung aller Grundfarben im gehörigen Verhältniſſe; ein Körper erſcheint **roth**, **orange**, **grün**, u. ſ. w., wenn er nur rothes, orangefarbenes, grünes Licht auf unſer Auge ſendet. **Schwarz** iſt die Abweſenheit alles Lichts und aller Farben, und das abſolute Schwarz entſteht, wenn ein Körper gar kein Licht in unſer Auge ſendet.

Verſuch: Eine Scheibe, die nach dem oben (§. 718.) angeführten Verhältniſſe der Größe der einfachen Farbenbilder des Prisma in ſieben Sectoren getheilt iſt, die mit den in der Farbe correſpondirenden Pigmenten bemahlt worden ſind, erſcheint bey einem ſchnellen Umlaufe weiß.

Ein anderes Verhältniß der Farben gegen einander giebt beym ſchnellen Umdrehen der Scheibe eigene Farben.

§. 736. Körper von allerley Farben, durch gefärbte durchſichtige Gläſer allerley Art betrachtet, erſcheinen dem Auge nur von derjenigen Farbe, welche das Licht hat, das das Glas durchläßt, oder welche das Glas im gebrochenen Lichte zeigt. Die Fehlſchlüſſe, zu welchen ſich gegen dieſen Satz Hr.

Monge

Monge durch optiſche Täuſchungen verleiten ließ, hat Hr. **Le Gentil** gut gezeigt.

Monge über einige Phänomene des Sehens, in Grens Journ. der Phyſ. B. II. S. 142. Ueber die Farbe, welche roth und gelb gefärbte Gegenſtände zeigen, wenn man ſie durch rothe und gelbe Gläſer betrachtet, von Hrn. Le Gentil, in Grens Journ. der Phyſ. B. VI. S. 165.

§. 737. Erleuchtete Körper durchs Prisma betrachtet, zeigen an ihren Rändern, wo Helligkeit und Dunkelheit, Licht und Schatten, mehrere oder ſchwächere Erleuchtung, an einander grenzen, farbige Säume. Hr. **von Göthe** hat die mannigfaltigen Abwechſelungen der Phänomene, die hierbey Statt finden, geſammelt und beſchrieben; hier genügt es, nur einige der hauptſächlichſten Erſcheinungen dieſer Art anzuführen, da ſich die übrigen alle darauf beziehen.

1) Weiße, einfärbige, und ſchwarze Flächen, wenn ſie durchaus gleichförmig und einfärbig ſind, zeigen durchs Prisma keine Farben; aber dieſe zeigen ſich an allen Rändern.

2) Ein **weißer** Streifen auf **ſchwarzem** Grunde erſcheint, wenn der brechende **Winkel des Prisma nach unten** zugekehrt, und der Streifen der Länge nach vor dem Auge iſt, **oben** mit einem rothen und gelben, und **unten** mit einem hellblauen und violetten Saume; die beyden letztern ſtrahlen ins Schwarz hinein.

3) Wenn der weiße Streifen nicht zu breit iſt, und der Quere nach vor dem Prisma, oder parallel mit der Achſe deſſelben ſteht, ſo erſcheint er

er mit einem rothen, gelben, hellblauen und violetten Streifen ganz bedeckt; und wenn er weit genug vom Prisma entfernt iſt, ſo iſt auch noch ein grüner Streifen in der Mitte zwiſchen dem gelben und hellblauen, oder der gelbe Streifen wird ganz zu einem grünen.

4) Wenn ein **ſchwarzer** Streifen auf einem **weißen** Grunde durch ein Prisma ſo betrachtet wird, daß der brechende Winkel des Prisma nach unten zu gerichtet iſt, ſo zeigen ſich die vorigen Erſcheinungen umgekehrt. Es iſt nämlich der ſchwarze Streifen **oben** mit einem hellblauen und violetten, und **unten** mit einem gelben und rothen Saume umgeben. Die letztern ſtrahlen in die weiße Grenze hinein.

5) Wird dieſer ſchwarze Streifen auf weißem Grunde parallel mit der Achſe des Prisma gelegt, ſo erſcheint er, durchs Prisma betrachtet, mit farbigen Streifen ganz bedeckt, nämlich mit einem hellblauen, violetten, rothen, und gelben. Iſt er hinlänglich weit vom Prisma entfernt, ſo wird die hochrothe Farbe pfirſichblüthroth.

6) Wenn der **brechende Winkel des Prisma**, durch den man ſieht, **nach oben** zu gerichtet iſt, ſo werden ſich alle vorgenannte Phänomene (1 — 5) umgekehrt zeigen, ſo daß z. B. im erſtern Falle der weiße Streifen auf ſchwarzem Grunde **oben** mit einem violetten und hellblauen, und **unten** mit einem gelben und rothen Saume umgeben iſt, u. ſ. w.

Die

Die Erklärung dieſer und ähnlicher Phänomene folgt aus den bisherigen Sätzen der Newtoniſchen Theorie des Lichts und der Farben leicht, wie ich anderswo gezeigt habe.

J. W. von Göthe Beyträge zur Optik. Weimar. kl. 8. Erſtes Stück 1791. Zweytes St. 1792.

In Anſehung der umſtändlichen Erklärung dieſer Phänomene, die an ſich leicht iſt, wobey man aber viel Worte machen muß, wenn man ſie Anfängern deutlich genug vortragen will, verweiſe ich auf einen Aufſatz von mir: Einige Bemerkungen über Hrn. von Göthens Beyträge zur Optik; im Journal der Phyſ. B. VII. S. 3. ff.

§. 738. Sonſt beweiſen dieſe Erfahrungen über die farbigen Ränder, mit denen die Körper umgeben erſcheinen, wenn man ſie durchs Prisma betrachtet, daß nicht nur das Licht leuchtender Körper, ſondern auch das, durch welches uns die erleuchteten ſichtbar ſind, aus verſchiedenen Arten des homogenen Lichts zuſammengeſetzt ſey, und daß auch diejenigen Körper, die dem bloßen Auge von einer beſtimmten Farbe erſcheinen, doch noch außer dem Lichte von dieſer beſtimmten Farbe mehr oder weniger weißes Licht zugleich ausſtrömen.

§. 739. Die unzählige Verſchiedenheit der Farben, die wir an den mannigfaltigen Körpern der Natur wahrnehmen, rührt daher, daß dieſelben nicht bloß eine Art von einfachem Lichte, ſondern mehrere Arten, die in unzähligen Verhältniſſen mit einander verbunden ſeyn können, in das Auge ſchicken. So entſtehen alsdann die **vermiſchten** oder **zuſammengeſetzten Farben**, und vielleicht iſt kein Körper in der Natur, der nur homogenes Licht einer einzigen Art zurückſtrahlte.

§. 740. Um zu erklären, wie es zugeht, daß ein Körper eine gewiſſe Farbe zeigt, müſſen wir freylich annehmen, daß die verſchiedentlichen Materien in der Natur eine Kraft haben, gewiſſe Gattungen des homogenen Lichts mehr zu binden, zu figiren, und ihre Expanſivkraft unthätig zu machen, als andere Gattungen, wodurch dann dieſe letztern nur allein wieder zurückzuſtrahlen vermögend ſind, und durch die mannigfaltigen Verhältniſſe, in denen ſie vermiſcht ſeyn können, die Mannigfaltigkeit der Farben und ihre Nüancen hervorbrigen. So würde alſo z. B. ein Körper grün ausſehen, wenn er entweder nur das grüne Licht, das im weißen enthalten iſt, zurückſtrahlte, alle andere Gattungen aber, woraus das letztere beſteht, einſaugte und figirte; oder auch, wenn er gelbes und violettes Licht zugleich reflectirte, die übrigen Gattungen des homogenen Lichts hingegen bände. Schwarz wäre der Körper, der alle Gattungen des Lichts einſaugte; weiß, der alle Gattungen im weißen Lichte reflectirte. Ich werde auf dieſen Gegenſtand nachher wieder zurückkommen.

§. 741. Wenn ein Körper durch die Theilchen auf ſeiner Oberfläche das von ihm zurückſtrahlende heterogene Licht zu gleicher Zeit auch bricht, ſo erſcheint er in verſchiedenen Stellungen gegen das Auge von verſchiedenen Farben.

Hierher gehören der Schillertaffent, die ſchillernden Papillons, die Federn am Halſe der Tauben, die Pfauen- und Papageyenfedern. Alle Körper zeigen überhaupt, wenn man ihre Fläche im Sonnenſcheine genau betrachtet, bunte Farben, ſelbſt die polirten Metalle nicht ausgenommen.

§. 742. Wenn ein durchſichtiger Körper andere Strahlen reflectirt, als er durchläßt, ſo erſcheint er auch beym reflectirten Lichte anders, als beym gebrochenen.

Die friſche Tinctur des Griesholzes (Tinctura ligni nephritici) ſieht hinter dem Lichte blaugelb, vor dem Lichte gelbroth aus. — Die Luft der Atmoſphäre läßt zwar das mehreſte weiße Licht hindurch, reflectirt aber doch auch zugleich blaues Licht, und ſieht eben deswegen in dieſem reflectirten Lichte blau aus.

§. 743. Wenn mit der Veränderung der Miſchung eines Körpers auch die Anziehung ſeiner Theilchen gegen gewiſſe Gattungen des Lichts geändert wird, ſo muß auch wohl ſeine Farbe geändert werden.

Hierauf gründen ſich unzählige Farbenveränderungen, welche die Chemie hervorbringen kann. Z. B.:

Die klare und ungefärbte Auflöſung des Eiſenvitriols im Waſſer wird durch wenig Galläpfeltinctur violett, durch mehrere davon ſchwarz. Die Farbe verſchwindet durch zugeſetzte Säure.

Eben dieſe Auflöſung wird durch Blutlauge ſogleich ſchön blau.

Die Auflöſung des Kupfervitriols im Waſſer wird durch Ammoniak ſogleich ſchön blau, durch feuerbeſtändiges grün.

Blaue Lackmustinctur wird durch Säure ſogleich rubinroth; durch Laugenſalze wieder blau. Violenſyrup durch die erſtere carmoiſin, durch letztere grün.

Rothe Alkannatinctur wird durch Alkalien blau.

Die klare und ungefärbte Auflöſung der Goldſolution im Waſſer wird durch ungefärbte Zinnſolution ſchön purpur.

Die ungefärbte Auflöſung des ätzenden Queckſilberſublimats wird durch Kalkwaſſer orangefarben.

Rauchender Salpetergeiſt von einer dunkelgelben Farbe wird durch Waſſer erſt grün, dann blau, dann ungefärbt.

Rothe Fernambuctinctur wird durch Laugenſalze ſogleich violett, durch Säure hochroth.

Gelbe Curcumatinctur wird durch Laugenſalze ſogleich braun.

Ferner gehören hierher die verſchiedenen ſympathetiſchen Tinten.

§. 744. Ein ſehr merkwürdiges Phänomen ſind die **gefärbten Schatten**. Wenn man des Morgens

beym Anbruche des Tages in einem Zimmer durch irgend einen Körper, z. B. den Finger, den Schatten einer brennenden Kerze auf ein weißes Papier ſo fallen läßt, daß zu gleicher Zeit auch von demſelben ein Schatten von dem Tageslichte auf das Papier geworfen wird, ſo wird man den erſtern Schatten, welcher dem Kerzenlichte zugehört und vom Tageslichte erleuchtet wird, bey genauerer Aufmerkſamkeit darauf hellblau finden, während der Schatten des Tageslichts, der vom Kerzenlichte Erleuchtung erhält, ein gelbliches Teint hat. In einem finſtern Zimmer, in welches das Licht des Tages durch eine Oeffnung tritt, läßt ſich die Erſcheinung noch lebhafter machen. Es zeigen ſich ferner Abänderungen des blauen Schattens, wenn man den gelben durch gelb gefärbte Gläſer heller oder dunkler macht, oder ihm verſchiedene Nüancirungen giebt. Im finſtern Zimmer ſind die Schatten, die von einem und demſelbigen Körper auf eine weiße Fläche durch zwey Lichtflammen geworfen werden, ungefärbt; wenn man aber den einen dadurch gelb färbt, daß man das auf ihn fallende Licht durch ein dunkelgelb gefärbtes Glas gehen läßt, ſo wird der andere blau. Man kann ſo mannigfaltige Abänderungen der Farbe in dem einen Schatten hervorbringen, während man bloß den andern durch gefärbte Gläſer ſich anders färben läßt; und man erhält dieſe Abänderungen auch ohne Gläſer im finſtern Zimmer, in welches Tageslicht fällt, durch das Kerzenlicht, wenn vorüberziehende Wolken Abwechſelungen des Tageslichts zuwege bringen. Entſteht hier-

hierbey die Farbe des einen Schattens, nämlich des blauen, nicht bloß durch Contraſt? Wenigſtens kann man wohl daraus ſchließen, daß den Augen in Hinſicht auf Gegenwart oder Abweſenheit von Farben nicht immer zu glauben iſt.

Nachricht von einigen Verſuchen über die gefärbten Schatten, vom Herrn Generallieutenant Benjam. Thompſon, Grafen von Rumford; in Grens neuem Journ. der Phyſ. B. II. S. 58. ff.

§. 745. Die Durchſichtigkeit eines Körpers hängt nicht allein davon ab, daß er Licht in der gehörigen Menge, ſondern daß er es auch merklich in gerader Linie durchläßt. So können zwey ſehr durchſichtige Subſtanzen, die beyde das Licht ſehr verſchieden brechen, undurchſichtig werden, wenn man ſie mit einander vermengt.

Waſſer in Schaum verwandelt, wird undurchſichtig.

Geſchmolzenes Wachs und geſchmolzener Talg werden durchſichtig.

Viele Glastafeln über einander gelegt, ſind wenig durchſichtig, werden aber durch dazwiſchen gegoſſenes Waſſer durchſichtig.

Klares Glas wird durchs Zerſtoßen zu einem Pulver undurchſichtig.

Papier mit Oehl getränkt wird durchſichtiger.

Undurchſichtige metalliſche Kalke und Erden werden durchs Schmelzen durchſichtiger.

Der Hydrophan und Pyrophan.

§. 746. Weil nun hierbey heterogenes Licht von einander durch Brechung abgeſondert, und einige Arten des gefärbten Lichts eher reflectirt werden können, als andere, ſo können dadurch auch Farbenerſcheinungen entſtehen, wie z. B. wenn man zwey biconvexe Glaslinſen von langen Brennweiten auf einander legt. Wenn aber bey den Brechungen in verſchie-

verſchiedenen Mitteln das Licht bey dem Austritte eben dieſelbe Richtung wieder bekommt, die es bey dem Eintritte in das brechende Mittel hatte, ſo wird es nicht in farbige Strahlen zertheilt.

Muſchenbroek a. a. O. §. 1831. ff.

Beugung des Lichts.

§. 747. Außer der Reflexion, Refraction und verſchiedenen Brechbarkeit des Lichts hat man noch eine andere Eigenſchaft deſſelben wahrgenommen, die man die **Beugung** (Inflexio, Diffractio lucis) nennt. **Grimaldi** hat zuerſt davon geredet, **Newton** aber hat das Phänomen näher beſtimmt, doch aber auch die Unterſuchung darüber nicht vollendet. Als er einem dünnen Sonnenſtrahle, der im finſtern Zimmer durch die feine Oeffnung ging, deren Durchmeſſer etwa $\frac{1}{42}$ eines Zolles betrug, einen dünnen opaken Körper, z. B. ein Haar oder einen feinen Draht, entgegen hielt, ſo fand er den auf ein weißes Papier davon geworfenen Schatten breiter, als er bey dem geraden Fortgange des Lichts hätte ſeyn können, und zu gleicher Zeit an jeder Seite des Schattens drey gefärbte parallele Säume, wovon der, welcher den Schatten zunächſt begrenzte, breiter war, als der zweyte, und von dieſem wieder durch einen Schatten getrennt wurde; bey der gehörigen Entfernung des Papiers war der zweyte Saum von einem dritten durch einen dazwiſchen liegenden Schatten zu unterſcheiden; bey zu großer Nähe des Papiers floſſen die beyden äußerſten Säume auf jeder Seite in einander.

Noch

Noch deutlicher wurden dieſe Säume, wenn er den Lichtſtrahl zwiſchen zwey, nur $\frac{1}{400}$ eines Zolles von einander abſtehenden, Meſſerſchneiden durchgehen ließ. Das Licht, das in gerader Linie hätte durchgehen ſollen, ward zu beyden Seiten abgelenkt und in zwey Theile getheilt, und ließ zwiſchen ſich einen Schatten, der deſto breiter war, je näher er die Schneiden zuſammenrückte. Er bemerkte dabey auch auf jeder Seite des Schattens in der Mitte drey farbige Säume, die wieder durch Zwiſchenſchatten von einander getrennt waren. Der Rand des erſtern Saums an der Grenze des Schattens war violett, dann bemerkte man eine hellblaue, eine grüne, eine gelbe und eine rothe Farbe, die dieſen erſten Saum auf der andern Seite begrenzte. Am zweyten, von dem erſtern durch einen ſchmalen und dünnen Schatten getrennten, Saume war der innere Rand blau, die Mitte gelb, der äußere Rand roth; und ſo war es auch im dritten ſchmälſten Saume. — Uebrigens iſt das Phänomen ſelbſt noch nicht ſo unterſucht, daß ſich davon eine befriedigende Erklärung geben ließe. Von der Reflexion kann es gewiß nicht herrühren.

Phyſico-matheſis de lumine, coloribus et iride, aliisque adnexis, auct. P. *Franc. Mar. Grimaldo*. Bonon. 1665. 4. *Newton* Optice, l. III. S. 272. ff. *Muſchenbroek* a. a. O. §. 1826 — 1829.

Das Auge. Das natürliche und durch optiſche Werkzeuge verſtärkte Sehen.

§. 748. Um zu wiſſen, was es mit dem Sehen der Gegenſtände für eine Bewandtniß habe, muß

man

man nothwendig einige Kenntniß vom Baue des Auges und derjenigen Theile deſſelben haben, die zum klaren und deutlichen Sehen erfordert werden.

§. 749. Die Geſtalt des Augapfels (Bulbus oculi) kommt der Kugelgeſtalt ſehr nahe, nur daß vorne der durchſichtige Theil weiter hervorragend iſt. Sein Längendurchmeſſer beträgt beym Auge des erwachſenen Menſchen etwa 11⅓ Pariſer Linie. Er iſt in der, mit Fett häufig verſehenen, Augenhöhlung (Orbita) nach allen Seiten durch ſechs Augenmuskeln beweglich, und kann durch die Augenlieder (Palpebrae) und durch die Augenwimpern (Cilia) bedeckt und vor einfallenden Unreinigkeiten und zu ſtarkem Lichte geſchützt werden.

§. 750. Der Augapfel beſteht aus verſchiedenen Häuten (Membranae), welche zum Theil zuſammenhängend ſind, zum Theil Höhlungen zwiſchen ſich laſſen, die mit den durchſichtigen brechenden Mitteln, die man gewöhnlich die Feuchtigkeiten (Humores) nennt, ausgefüllt ſind. Die äußerſte dieſer Häute iſt feſt, zähe, dick, aus mehrern Blättern beſtehend, größten Theils undurchſichtig, und umgiebt den ganzen Augapfel. Sie heißt die feſte oder harte Haut (Tunica ſclerotica). Je mehr ſie ſich dem Vordertheile des Augapfels nähert, deſto dünner wird ſie, und endlich ganz durchſichtig. Dieſer durchſichtige Theil der feſten Haut, durch die das Licht zum Innern des Auges dringt, heißt die Hornhaut (Cornea transparens, Tunica cornea), und iſt das Segment einer

einer Kugel, deren Halbmeſſer kleiner iſt, als der des übrigen Augapfels. Er iſt daher hervorragend (§. 749). Seine Achſe iſt aber mit der Achſe des Augapfels gemeinſchaftlich. Die Hornhaut iſt auf ihrer innern Fläche noch mit einer andern, mit vieler Schnellkraft verſehenen, Haut, die man die **Desmour-ſche Membran** nennt, bekleidet.

§. 751. In dem Hintertheile der feſten oder harten Haut, zur Seite der Achſe des Augapfels, etwas nach der Naſe zu, begiebt ſich der **Augennerve** (Nervus opticus) in den Augapfel. Das innere Blatt ſeiner feſten **Hirnhaut** (dura Mater), womit er bekleidet aus der Augenhöhle tritt, hilft entweder die feſte Haut des Augapfels bilden, oder hängt wenigſtens damit zuſammen. Die **Gefäßhaut** (pia Mater) des Nerven überzieht inwendig die feſte Haut des Augapfels, iſt durchaus ſchwarzbraun und dünne. Der übrige, markige innere Theil des Nerven, gewiſſer Maßen die fortgeſetzte Subſtanz des Gehirns ſelbſt, geht in eine weiße, niedergedrückte, coniſche Warze aus, und die Subſtanz des Nerven zur Seite dieſer Warze breitet ſich ſelbſt zu der innerſten Haut des Auges aus, die nachher angeführt werden wird.

§. 752. Unter der harten Haut liegt zunächſt an derſelben die **Gefäßhaut** oder **Aderhaut** (Tunica choroidea). Sie nimmt ihren Anfang von einem weißen, aus Zellgewebe beſtehenden Zirkel, der die Subſtanz des Sehnerven begrenzt. Sie hängt hier

mit

mit der feſten Haut und dieſem weißen Zirkel zuſammen, und wird von da an concentriſch innerhalb der feſten Haut ausgeſpannt, mit der ſie durch etwas Zellgewebe und durch Gefäße verbunden iſt. Sie iſt auswendig braun, inwendig faſt ſchwarz. Wenn ſie bis an den Urſprung der durchſichtigen Hornhaut gelangt iſt, ſo wird ſie daſelbſt durch vieles Zellgewebe mit der feſten Haut vereinigt, in Geſtalt eines weißen Kreiſes, des **Ciliarkreiſes** (Orbiculus ciliaris), worin noch **Fontana's Strahlencanal** (Canalis ciliaris) zu merken iſt. Von dieſem Zirkel, durch den die Gefäßhaut mit der feſten Haut zuſammenhängt, wendet ſich ihre innere Lamelle nach dem Innern des Augapfels, und bildet die **Strahlenbändchen** (Ligamenta ciliaria), dicke, ſchön gefaltete, vasculöſe Streifen, die mit einem ſchwarzen Leime überzogen ſind und die Kapſel der Kryſtalllinſe umgeben.

§. 753. Zwiſchen der Hornhaut und den Strahlenfaſern ſteigt die **Regenbogenhaut** (Iris) aus dem Ciliarkreiſe als eine Fortſetzung der Aderhaut ebenfalls herab. Sie zeigt auf ihrer vordern Seite bunte geſchlängelte Streifen, die vom Umkreiſe herabſteigen, und dieſe vordere Fläche nennt man insbeſondere die **Regenbogenhaut** (Iris). Auf ihrer hintern Seite beſteht ſie aus geraden Streifen, die mit einem ſchwarzen Leime überzogen ſind. Dieſe hintere Fläche nennt man auch die **Traubenhaut** (Uvea). In der Mitte dieſer undurchſichtigen Haut, die Herr **Sömmering** ſehr paſſend die **Blendung** heißt, befindet ſich eine

kreisrunde Oeffnung, die **Pupille**, die **Sehe**, das **Lichtloch**, durch welche allein das Licht nach dem Innern des Auges tritt und welche auf eine bewundernswürdige Art ſich unwillkührlich bey ſchwachem Lichte erweitert, bey ſtarkem Lichte verengert. Der zarte Rand dieſer Oeffnung wird von den Streifen der hintern Seite der Regenbogenhaut gebildet.

§. 754. Wenn der Augennerve (§. 751.) durch die harte Haut und Aderhaut getreten iſt, ſo breitet ſich ſein Mark zu einer feinen, zarten, in jüngern Jahren mehr durchſichtigen, im Alter mehr undurchſichtigen Haut, der **Netzhaut**, **Nervenhaut** oder **Markhaut** (Retina) aus, und legt ſich allenthalben an die Aderhaut bis zum größern Kreiſe der Strahlenfaſern an. Auf dieſer Nervenhaut befindet ſich, nach Herrn **Sömmerings** Entdeckung, neben dem Eintritte des Sehnerven, nach außen zu, gerade in der Achſe des Auges, ein eyrunder, gelblicher, in der Mitte ſtärker, nach dem Umkreiſe zu ſchwächer, gefärbter Fleck, und die Nervenhaut bildet hier eine geſchlängelte Falte. Dieſe ganze Stelle zeigt ſich viel dünner, markartiger, wie die übrige Nervenhaut, beſonders nach ihrem Mittelpuncte zu, wo ſich ſogar ein kleines, rundes Loch darin befindet, mit zwar ſehr dünnen, aber rein abgeſchnittenen Rändern, durch welches das braune Pigment der Aderhaut bemerkbar wird.

Ueber einen gelben Fleck und ein Loch in der Nervenhaut des menſchlichen Auges, vom Herrn D. Michaelis; im Journal der Erfindungen, Theorien und Widerſprüche in der Natur und Arzneyw. St. XV. S. 3. ff.

§. 755. Die ſo genannten Feuchtigkeiten des Augapfels (§. 750.), welche zum Brechen der Strahlen beſtimmt ſind, ſind: 1) in der Mitte die kryſtallene **Feuchtigkeit** oder die **Kryſtalllinſe** (Humor cryſtallinus, Lens cryſtallina), die eigentlich nicht ſo wohl eine Flüſſigkeit, als vielmehr ein feſter, runder, höchſt durchſichtiger, biconvexer Körper iſt, deſſen hintere Fläche mehr erhaben iſt, als die vordere, eigentlich aus mehrern mit feinen Gefäßen verſehenen, und durch ein ſehr feines Zellgewebe verbundenen, mit einer ſehr durchſichtigen wäſſerigen Feuchtigkeit ausgefüllten Lamellen beſteht, die eine faſerige Structur haben, und bey menſchlichen Augen durch ſechs Scheidewände, von denen je drey vom Scheitel jeder Halbkugel der Linſe gehen, getrennt ſind, wie ſich nach Hrn. Reils Entdeckung am beſten durch Macerirung der Linſe in ſchwacher Salpeterſäure oder Schwefelſäure finden läßt. Die Linſe iſt in eine ſehr durchſichtige **Kapſel** (Capſula lentis cryſtallinae) eingeſchloſſen, doch ſo, daß der enge Raum zwiſchen beyden mit einer Feuchtigkeit ausgefüllt iſt. Sie iſt mit dem Strahlenkörper eingefaßt. Die mittlere Brechung der Linſe verhält ſich nach **Jurin** gegen die der Luft, wie 1,46 : 1. Nach ebendemſelben beträgt nach einer Mittelzahl der Halbmeſſer ihrer vordern Krümmung 3,3081 engliſche Decimallinien, der hintere aber 2,5056; und ihre größte Dicke 1,8525 ſolcher Linien.

Von der faſerigen Structur der Kryſtalllinſe, vom Herrn Prof. Reil; in Grens Journal der Phyſik, B. VIII. S. 325. ff.

§. 756. Den vordern Theil des Auges zwiſchen der Hornhaut und der Kapſel der Kryſtallinſe erfüllt 2) die wäſſerige **Feuchtigkeit** (Humor aqueus). Der ganze Raum wird durch die Iris in die **vordere** (Camera anterior) und **hintere Kammer** (Camera poſterior) eingetheilt, welche durch die Pupille Gemeinſchaft haben. Die wäſſerige Feuchtigkeit füllt beyde aus und treibt die Hornhaut in die Höhe. Der Halbmeſſer dieſer Krümmung der Hornhaut beträgt nach **Jurin** 3,3294 Decimallinien engl. Die wäſſerige Feuchtigkeit iſt dünn⸗flüſſig, durchſichtig und ſchwachſalzig. Ihre mittlere Brechkraft gegen die Luft iſt wie 1,29 : 1.

§. 757. Den größern Theil des Auges hinter der Kryſtalllinſe füllt 3) die **Glasfeuchtigkeit** (Humor vitreus) aus. Sie ſtellt eine ſehr klare und durchſichtige Gallerte vor und beſteht aus ſehr feinen Zellen, in welche die gallertartige Flüſſigkeit eingeſchloſſen iſt. Sie hat vorne eine Concavität, wo ſie die Kryſtalllinſe berührt, und iſt mit einer feinen, durchſichtigen, eigenen Membran eingeſchloſſen. Ihre mittlere Brechkraft verhält ſich gegen die Luft nach **Rochon** wie 1,33 : 1.

Zinn deſcriptio anatomica oculi humani. Goett. 1755. 4. recud. curavit *Henr. Aug. Wrisberg*. ibid. 1780. 4. Alb. von Hallers Grundriß der Phyſiologie, a. dem Lat. mit Anm. von Sömmering und Meckel. Berlin 1788. 8. Kap. XV. An eſſay on viſion, briefly explaining the fabric of the eye and the nature of viſion. by *Georg Adams*. Lond. 1792. 8. Georg Adams Anweiſung zur Erhaltung des Geſichts und zur Kenntniß der Natur des Sehens, a. d. Engl. von Fr. Kries. Gotha 1794. 8.

§. 758.

§. 758. Vermittelſt dieſes ſo bewundernswürdig eingerichteten Werkzeugs erhalten wir nun diejenige Empfindung, die wir das **Sehen** nennen. Die richtige Erklärungsart von der Hervorbringung dieſer Empfindung blieb aber lange Zeit unbekannt und wurde erſt von **Keplern** entdeckt. Die Alten glaubten, daß die Strahlen von dem Auge nach den Gegenſtänden zu ausgingen, wie **Empedokles**, **Plato** **Euklides**, und von da wieder nach den Augen zurückgeworfen würden, wie die **Stoiker** annahmen. **Porta** entdeckte zuerſt die Aehnlichkeit des Auges mit dem verfinſterten Zimmer; er zeigte dadurch einen beſſern Weg zur Erklärung des Sehens, ob er ſich gleich die Sache ſelbſt noch unrichtig vorſtellte, da er die Kryſtalllinſe für die Wand hielt, auf welcher ſich das Bild des Gegenſtandes abbilde, und von jedem ſichtbaren Puncte des Gegenſtandes nur einen Strahl ins Auge kommen ließ. Erſt **Kepler** gab richtige Begriffe über die Art und Weiſe der Entſtehung des Bildes.

§. 759. Von jedem Puncte eines ſichtbaren leuchtenden oder erleuchteten Körpers fahren nach geraden Linien Strahlenkegel aus (§. 654.), deren Grundfläche die vordere Fläche der Hornhaut, und deren Spitze der ſichtbare Punct iſt. Von dieſem Strahlenkegel kann nur derjenige Theil die Empfindung des Sehens des ſichtbaren Punctes bewirken, welcher auf die Pupille trifft. Beym Durchgange dieſes Strahlenkegels durch die Hornhaut und wäſſerige Feuchtigkeit vor und hinter der Pupille leidet er die erſten beyden Brechungen; auf der vordern Fläche der Kry-

ſtall-

ſtalllinſe, die wie ein erhabenes Glas wirkt (§. 707.), die dritte und ſtärkere; und in der gläſernen Feuchtigkeit die vierte Brechung. Die divergirenden Strahlen dieſes Strahlenkegels werden dadurch convergirend und treffen endlich in einem Puncte zuſammen. Dieſer Punct der Wiedervereinigung der Strahlen iſt der Ort des Bildes vom Puncte.

Es ſey alſo (Fig. 115.) DE das Auge nach einem Durchſchnitte in der Länge ſeiner Achſe. Von dem Puncte A gehe ein divergirender Strahlenkegel aus, der auf die Hornhaut des Auges fällt. Da die Strahlen aus dem dünnern Medio, der Luft, in das dichtere übergehen, ſo werden ſie dem Perpendikel zu gebrochen, und dadurch, wie aus dem Vorigen von der Brechung in krummen Flächen bekannt iſt, convergirend, wenn der ſtrahlende Punct nicht zu nahe, d. h., die Divergenz der Strahlen nicht zu groß iſt. Man ſieht, daß dadurch auch Strahlen durch die Pupille kommen können, die durch den geraden Fortgang auf die Blendung gekommen ſeyn würden. Durch die Brechung in der Kryſtalllinſe C und der Glasfeuchtigkeit werden die Strahlen noch ſtärker convergirend und vereinigen ſich in einem Puncte in a, der das Bild von A iſt.

§. 760. Die Strahlen jedes Strahlenkegels alſo, welcher aus jedem Puncte des Körpers ausfährt und auf die Pupille trifft, vereinigen ſich alſo hinter der Linſe, wie im finſtern Zimmer, deſſen Oeffnung mit einem erhabenen Glaſe verſehen iſt; und wenn das Auge die gewöhnliche Einrichtung hat, und das Object nicht zu entfernt oder dem Auge nicht zu nahe iſt, ſo liegt das Bild des Punctes auf der Netzhaut. Von jedem ſichtbaren Puncte eines Gegenſtandes entſteht natürlicher Weiſe ein Bild auf der Netzhaut, welche alle zuſammen, wie im verfinſterten Zimmer, ein verkehrt ſtehendes vom ganzen Objecte machen.

Es ſey (Fig. 116.) CAB ein Object, das vor dem Auge ſteht. Von den Puncten C, A und B gehen divergirende Strahlenkegel nach dem Auge, deren Strahlen durch die Brechun-

chungen zu convergirenden werden und ſich wieder in einen Punct vereinigen. Sie machen alſo das verkleinerte und verkehrt ſtehende Bild bac.

§. 761. Dieſe Wiedervereinigung der Strahlen eines Strahlenkegels von einem ſichtbaren Puncte auf der Netzhaut, oder die Abbildung des Gegenſtandes auf derſelben, iſt nun mit der Empfindung des Sehens begleitet. Wie die Vorſtellungen aber mit dieſem Zuſammentreffen der Lichtſtrahlen zu einem Bilde des Gegenſtandes zuſammenhängen, dies zu erklären, reichen unſere Erfahrungen nicht hin. Das Bild und die Empfindung des Sehens ſind Wirkungen einer einzigen Urſache. Wir können nicht annehmen, daß das Bild als Bild die Empfindung bewirke. Denn dies kann es ja nicht, da es nur Phantom iſt; eben ſo wenig können alſo auch die Farben, die am Bilde ſind, die Empfindung der Farben hervorbringen. Noch weniger wird man glauben, daß die Seele das Bild des Gegenſtandes auf der Netzhaut beſchaue, und dadurch Vorſtellung davon erhalte, ſo wie wir etwa in der finſtern Kammer das Bild eines abgebildeten Gegenſtandes wahrnehmen.

§. 762. Nur die Wiedervereinigung der zu einem Strahlenkegel gehörigen Strahlen in einem Puncte auf der Netzhaut erzeugt das deutliche Sehen dieſes Punctes, und in ſo fern hierdurch ſonſt ein Bild des Punctes entſteht, können wir annehmen, daß das Bild die Empfindung mache. Nur die Netzhaut iſt für dieſe Wiedervereinigungspuncte fühlbar und pflanzt die Empfindung durch den Geſichtsnerven bis

zum

zum Gehirne fort. Weiter können wir nun eben ſo wenig erklären, wie mit dieſer Empfindung die Vorſtellung des Sehens verknüpft iſt, als wir es erklären können, wie der Eindruck auf die Nerven der Zunge und des Gaums den Geſchmack, auf die Nerven der Naſe den Geruch, oder auf den Gehörnerven das Hören, und die davon abhängenden Urtheile unſerer Seele erzeuge. Die Vorſtellung der Farben endlich möchte wohl aus der verſchiedenen Empfindung herrühren, welche die verſchiedenen Gattungen der Lichtſtrahlen auf der Netzhaut bewirken, und welche ſie eben ſo verſchiedentlich rühren, als es verſchiedene riechende Ausflüſſe bey den Geruchsnerven thun.

§. 763. Die Frage, warum wir die Gegenſtände nicht verkehrt wahrnehmen, da doch das Bild derſelben auf der Netzhaut verkehrt liegt, hat in der That keinen vernünftigen Sinn. In der Zeichnung des Bildes (Fig. 116.) beziehen wir freylich dieſes auf den Gegenſtand, und da ſteht das Bild gegen dieſen allerdings verkehrt. Aber bey der Empfindung des Sehens mehrerer Gegenſtände zuſammen beziehen wir die Bilder zu den Bildern, und die haben ja gegen einander daſſelbige räumliche Verhältniß, als die Objecte; folglich ſind ſie nicht gegen einander verkehrt. Wenn wir alſo einen Menſchen auf dem Fußboden eines Zimmers ſtehend wahrnehmen, ſo bildet er ſich ſo auf der Netzhaut ab, daß ſeine Füße gegen den zugleich mit abgebildeten Fußboden dieſelbige Beziehung haben, als im Objecte. Er wird ja nicht mit dem Kopfe auf dem Fußboden ſtehend abgebildet;

folglich ſteht er auch im Bilde nicht verkehrt gegen den Fußboden und gegen die Decke des Zimmers, ſondern das Bild hat dieſelbige räumliche Beziehung gegen die Bilder dieſer, als die Objecte. Wenn ſich alſo alles in der Welt in derſelbigen räumlichen Verbindung auf der Netzhaut abbildet, worin es natürlich iſt, ſo ſehen wir nichts verkehrt.

Das aſtronomiſche Fernrohr kann hier gar nichts dagegen, ſondern wohl dafür beweiſen; weil das dadurch erhaltene Bild gegen das durchs bloße Auge erzeugte eine verkehrte Lage hat.

§. 764. Eben ſo wenig hat es auch mit der Schwierigkeit zu bedeuten, die einige darin zu finden glaubten, daß wir mit zwey Augen die Gegenſtände nur einfach ſehen. Denn wenn gleich von einerley Punct zwey verſchiedene Strahlenkegel nach den beyden Augen gehen, ſo ſetzen wir doch den Punct nur dahin, wohin die Spitze des verlängerten Lichtkegels treffen muß, — und dieſe Spitze iſt ja beyden Strahlenkegeln gemeinſchaftlich; — daher muß der Punct, auch durch beyde Augen geſehen, nur einfach erſcheinen. Das Gegentheil geſchieht, wenn man den einen Augapfel mit den Fingern zur Seite drückt, wodurch die Spitzen der Lichtkegel von einander gebracht werden, und alſo das Object zwiefach empfunden wird.

§. 765. Ueberhaupt kommt es bey dem Urtheile der Seele über das Geſehene auf weit mehrere Umſtände an, als bey den Empfindungen durch andere Sinne. Wir verbinden von Jugend auf unvermerkt mit dem Geſichte das Getaſt, und üben uns dadurch, aus dem, was uns das Auge darſtellt, Urtheile über

die

die wahren und eigentlichen Lagen, Entfernungen, Größe und Geſtalten der Körper zu fällen. Wir erlangen eine Fertigkeit, aus der Verbindung beyder Sinne, bey Gegenſtänden, die wenigſtens nahe um uns herum ſind, richtig zu urtheilen; aber weil auch dieſes Urtheil mit dem Sehen ſelbſt ohne unſer Bewußtſeyn ſo innig verbunden iſt, ſo kommt es auch oft, daß wir etwas zu **ſehen** glauben, was wir bloß aus dem Geſehenen ſchließen; und wir **ſchließen** manchmal falſch, ob wir gleich richtig ſehen.

Die Geſchichte einiger Blindgebohrnen und am Staar glücklich operirter Perſonen, (ſ. Cheſelden in philoſ. transact. no. 402. und in Smith's Lehrbegriff der Optik; ingleichen Lichtenbergs Magazin für die Phyſik, B. 4. St. 1. S. 21.), kann es beweiſen, daß wir von den Entfernungen, Lagen, Größen und Figuren der Gegenſtände nicht anders, als erſt durch Beyhülfe des Getaſts urtheilen lernen, oder daß wir die Empfindungen des Geſichts mit denen des Getaſtes vergleichen müſſen, um durch fortgeſetzte Erfahrungen in den Stand geſetzt zu werden, aus dem Geſehenen auf ihre Entfernungen, Lage, Figur, u. ſ. w. zu ſchließen.

§. 766. Wenn man von den äußerſten Enden eines ſichtbaren Gegenſtandes gerade Linien nach dem Mittelpuncte der Pupille des Auges zu zieht, so heißt der Winkel, den ſie hier machen, der **Sehewinkel** oder die **ſcheinbare Größe** des Gegenſtandes (Angulus opticus, viſorius; Magnitudo, Diameter obiecti apparens). Dieſer Sehewinkel wird bey einerley Object natürlicher Weiſe größer, je näher dieſes dem Auge kommt, und deſto kleiner, je weiter es ſich davon entfernt.

§. 767. Unſer Urtheil über die **Größe** der Gegenſtände hängt nicht allein von ihrer wahren Größe,

ſondern auch von dieſem Sehewinkel mit ab, unter welchem wir die Objecte wahrnehmen, und von welchem auch die Größe des Bildes auf der Netzhaut abhängt. Gegenſtände von verſchiedenen wahren Größen können daher dem Auge unter einerley ſcheinbarer Größe erſcheinen, wenn ſie unter einerley Sehewinkel wahrgenommen werden; und umgekehrt können Gegenſtände von einerley wahrer Größe unter einer verſchiedenen ſcheinbaren wahrgenommen werden, wenn der Sehewinkel verſchiedentlich groß iſt.

Sonne und Mond können uns gleich groß erſcheinen, ungeachtet ihre Größe ſehr verſchieden iſt, wenn der Sehewinkel, unter dem wir beyde ſehen, gleich groß iſt.

Der Stundenzeiger einer Taſchenuhr ſcheint uns zu ruhen, weil ſich der Sehewinkel in kurzer Zeit nur unmerklich ändert.

Auf einem Kornfelde ſcheinen uns die Kornähren, welche weiter entfernt ſind, dichter zu ſtehen, als die nähern.

Eine lange Allee ſcheint uns am Ende ſpitzig zuzulaufen.

§. 768. Ein bloß erleuchteter Gegenſtand kann daher endlich dem Auge unſichtbar werden, wenn der Sehewinkel ſo klein wird, daß er nicht empfunden werden kann, oder wenn der Bogen deſſelben bis zu einer Größe von etwa einer Minute abnimmt. Leuchtende Gegenſtände können uns hingegen in einer noch viel weitern Entfernung ſichtbar bleiben, wobey ſie uns aber dann auch ohne bemerkbaren Durchmeſſer erſcheinen müſſen, wie die Fixſterne.

§. 769. Sonſt beurtheilen wir auch noch die wahre Größe des geſehenen Gegenſtandes aus ſeinen uns ſonſt bekannten Entfernungen, aus der ſtärkern oder ſchwächern Erleuchtung, worin er uns erſcheint, und dann auch aus dem Verhältniſſe ſeines Bildes zu den

Bildern naher Gegenſtände, deren wahre Größe wir kennen.

Der hinter Bergen oder hinter Bäumen aufgehende Mond ſcheint uns größer, als wenn er höher am Horizonte ſteht.

§. 770. Die Urtheile unſerer Seele über **Entfernungen** der Dinge von uns hängen keinesweges von den Empfindungen des Geſichts allein ab, ſondern wir erlangen die Fertigkeit, von dem, was wir ſehen, auf die Entfernungen, Größen, oder Stellen zu ſchließen, oder das **Augenmaaß**, ebenfalls durch Vergleichung der Empfindungen des Geſichts mit denen des Getaſtes, und durch Erfahrungen, die wir, obgleich unvermerkt, von Jugend auf hierüber anſtellen; und wir ſind uns der Umſtände, aus denen die Vorſtellung einer wirklichen Entfernung in uns entſteht, ſelten deutlich bewußt. Ohne Erfahrungen durchs Getaſt über die Entfernung der Dinge würden wir glauben, daß die Gegenſtände dicht vor dem Auge ſtünden.

§. 771. Bey nahen Gegenſtänden ſchätzen wir die Entfernung derſelben aus der zum genauen Sehen nöthigen Veränderung des Auges, welche wir vornehmen müſſen, um auf verſchiedene Entfernungen deutlich zu ſehen; und wir urtheilen dann, daß der Gegenſtand da ſey, wo die Spitzen der Lichtkegel zu ſtehen kommen, deren Grundfläche die Pupille des Auges iſt. Bey entferntern Gegenſtänden ſchätzen wir die Entfernungen aus dem Winkel, den die beyden Augenachſen mit einander machen; aus der Vergleichung der uns bekannten wahren Größe derſelben mit

mit der ſcheinbaren, in welcher wir ſie wahrnehmen; aus der größern oder geringern Helligkeit und Klarheit, worin wir ſie ſehen; aus der Deutlichkeit der kleinen Theile eines Gegenſtandes; und endlich aus der Menge anderer zwiſchen dem Gegenſtande und dem Auge befindlichen Dinge.

Hieraus erhellet leicht, warum uns das Meer vom Ufer aus geſehen, wenn wir ſonſt keine Gegenſtände, wie Schiffe, Inſeln, u. dergl., darauf wahrnehmen, bey weitem nicht ſo weit ausgedehnt erſcheint, als diejenigen glauben, die es nicht geſehen haben.

§. 772. Wir können mit geſunden Augen Gegenſtände in verſchiedenen Entfernungen vom Auge noch deutlich wahrnehmen. Da nun das Bild eines entfernten Gegenſtandes nicht ſo weit hinter die Kryſtalllinſe, die wie ein erhabenes Glas wirkt (§. 711.), fällt, als das Bild eines nähern, und das Auge doch nur dann deutlich ſieht, wenn die Spitzen der Strahlenkegel oder das Bild des Gegenſtandes die Netzhaut treffen; ſo muß das Auge ein Vermögen beſitzen, ſeine Einrichtung zu ändern, und dadurch auf größere oder kleinere Weiten deutlich zu ſehen. Aus der faſerigen Structur der Kryſtalllinſe läßt ſich nach Hrn. Young allerdings ſchließen, daß wir das Vermögen beſitzen, ſie erhabener zu machen, oder aus der biconvexen Form mehr der Kugelgeſtalt zu nähern, ſo daß die Halbmeſſer ihrer Krümmungen kleiner werden, wodurch alſo auch ihre Brennweite kleiner wird. Dies müßte bey nahen Gegenſtänden ſtatt finden, da ſie hingegen bey entferntern Gegenſtänden wieder in den gewöhnlichen Zuſtand zurückkäme. Mit dieſer Ver-

ände-

änderung kann eine andere recht wohl beſtehen, woraus man auch die Deutlichkeit des Sehens in verſchiedenen Weiten erklärt, nämlich eine mehrere oder mindere Zuſammendrückung der harten Haut durch die Augenmuskeln, wodurch zugleich die Hornhaut convexer werden kann.

Beobachtungen über das Sehen, von Herrn Thom. Young; in Grens Journ. der Phyſ. B. VIII. S. 415. ff. *Henr. Wilh. Math. Olbers* de oculi mutationibus internis. Goett. 1780. 4.

§. 773. Dieſe Veränderungen finden natürlicher Weiſe ihre Grenzen, und es giebt daher für jedes Auge eine gewiſſe Weite, in der es bey ſeinem natürlichen Zuſtande deutlich ſieht. Dieſe Weite, bey der es kleinere Gegenſtände noch deutlich wahrnehmen kann (Diſtantia viſionis diſtinctae), ſetzt man zwar gewöhnlich auf 12 bis 16 Zoll, allein ſie iſt bey vielen Perſonen größer oder geringer.

§. 774. Wenn die Hornhaut eines Auges zu ſehr erhaben, die Kryſtalllinſe zu convex oder ihr Abſtand von der Netzhaut zu groß iſt, ſo treffen die Strahlen der Strahlenkegel von Gegenſtänden, die 12 bis 16 Zoll und darüber entfernt ſind, nach dem Brechen zu früh zuſammen, ehe ſie die Netzhaut erreichen, oder die Divergenz der Strahlen von den Strahlenkegeln dieſer Gegenſtände iſt für ein ſolches Auge zu geringe, als daß der Vereinigungspunct die Netzhaut treffen ſollte. Ein ſolches Auge ſieht daher nur nahe Gegenſtände deutlich, entfernte undeutlich. Perſonen, welche dieſen Fehler haben, heißen Kurzſichtige

ſichtige (Myopes), und die Weite, bey der ſie kleine Gegenſtände deutlich wahrnehmen, erſtreckt ſich ungefähr nur auf 4 bis 6 Zoll. Hohlgläſer vermehren die Divergenz divergirender Strahlen (§. 714.), und durch Hülfe derſelben ſehen alſo Kurzſichtige auch mehr entfernte Gegenſtände deutlich.

§. 775. Wenn hingegen das Auge ſo beſchaffen iſt, daß die Hornhaut und die Kryſtallinſe flach, und in der Convexität vermindert iſt, oder dem Boden des Auges zu nahe liegt, ſo treffen die Strahlen der Strahlenkegel von nahen Gegenſtänden zu ſpät zuſammen, und das Bild würde erſt hinter die Netzhaut fallen. Ein ſolches Auge kann nur entfernte Gegenſtände deutlich wahrnehmen, nicht aber nahe. Diejenigen, welche dieſen Fehler der Augen haben, heißen **Weitſichtige** (Preſbytae), und jener entſteht gewöhnlich im Alter. Die nächſte Weite, wobey ein ſolches Auge noch deutlich ſieht, iſt größer als 16 Zoll; bey manchen 2 bis 3 Fuß. Da erhabene Gläſer das Vermögen haben, die Divergenz der divergirenden Strahlen der Strahlenkegel zu vermindern (§. 707.) und die Strahlen aus nahen Puncten ſo zu brechen, als ob ſie aus entfernten Puncten herkämen, ſo können Weitſichtige durch Hülfe derſelben auch nahe Gegenſtände deutlich ſehen, und ſie bedienen ſich daher zu dieſem Zwecke der **Brillen**.

§. 776. Gegenſtände, welche ſehr klein ſind, ſehen wir auch in der gewöhnlichen, zum deutlichen Sehen erforderlichen Weite (§. 773.) nicht deutlich.

Da=

Dadurch, daß wir ſie dem Auge näher bringen, würden wir zwar den Sehewinkel, unter dem wir ſie wahrnehmen, vergrößern; aber dann trifft das Bild die Netzhaut nicht mehr, und wir ſehen den Gegenſtand verwirrt und undeutlich. Ein Werkzeug, welches dazu dient, ganz kleine Gegenſtände größer, als in der gewöhnlichen Entfernung vom Auge, und doch deutlich zu ſehen, heißt ein **Mikroſkop** oder **Vergrößerungsglas** (Microſcopium, Engyſcopium).

§. 777. Jedes erhabene Glas und jede Glaskugel vergrößern der Erfahrung zufolge die Objecte, wenn wir ſie dadurch betrachten. Man bedient ſich aber vorzüglich, um ganz kleine Sachen dadurch zu betrachten, kleiner, ſehr erhabener Linſen, oder kleiner Glaskügelchen, und beyde heißen daher auch **einfache Mikroſkope** (Microſcopia ſimplicia). Die Strahlen, welche von dieſen kleinen Gegenſtänden, wenn ſie nahe ans Auge gehalten werden, divergirend in daſſelbe treten würden, werden durch dieſe Vergrößerungsgläſer, wenn ſie in dem Brennpuncte derſelben liegen, nach dem Brechen parallel (§. 707.), und das Auge ſieht dadurch den ſehr genäherten Gegenſtand deutlich. Das Auge ſieht nun den Gegenſtand unter einem deſto größern Sehewinkel, und alſo auch um deſto größer (§. 767.). Ueberhaupt verhält ſich die Größe, unter welcher man Gegenſtände durch eine Vergrößerungslinſe in dem Brennpuncte derſelben erblickt, zu der Größe, in der man ſie ohne Glas deutlich erkennen kann, wie die kleinſte Entfernung, bey der man ohne Glas deutlich ſehen kann,

zur Brennweite der Vergrößerungsgläſer. Da nun der Brennpunct deſto näher an das Glas kommt, je kleiner der Durchmeſſer der Linſe wird, ſo ſieht man auch leicht ein, daß die Linſen um deſto mehr vergrößern, je kleiner der Durchmeſſer der Kugel iſt, wovon die Fläche der Linſe ein Abſchnitt iſt. Zu den ſtärkſten Vergrößerungen gebraucht man daher ganz kleine Glaskügelchen.

Es ſey LM (Fig. 117.) eine Glaslinſe von ſehr kurzer Brennweite, in deren Brennraume ein kleiner Gegenſtand ab befindlich ſey. Es iſt aus dem Vorigen (§. 707.) klar, daß die divergirenden Strahlen, die von den erleuchteten Puncten des Objects ab gegen die Linſe zu gehen, durch das Brechen zu parallelen werden. Die Strahlen des Punctes a gehen alſo als parallele nach O, und die des Punctes b als parallele nach Q. Die letztern ſchneiden die erſtern unter dem Winkel QCO = aCb. Das der Linſe ſehr genäherte Auge ſieht nun die Puncte a und b deutlich, wenn es nicht kurzſichtig iſt, und ſo das ganze kleine Object ab. Da wir nicht gewohnt ſind, Objecte ſo nahe am Auge wahrzunehmen, und überhaupt ſo kleine ſonſt nicht deutlich ſehen, ſo beziehen wir das Object auf die Diſtanz AC, bey der wir ſonſt die Objecte deutlich zu ſehen gewohnt ſind. Da nun das Object AB in der Entfernung CA dem bloßen Auge unter eben dem Sehewinkel erſcheinen würde, ſo ſchreiben wir dem Objecte ab die Größe AB zu. Es iſt alſo die Größe des ſcheinbaren Durchmeſſers des Objects durchs Mikroſkop zu der Größe deſſelben ohne Mikroſkop, wie die Weite, bey der jemand deutlich ſieht, zur Brennweite der Linſe. Weil nämlich die Dreyecke aCb und ACB ähnlich ſind, ſo iſt AB : ab = AC : aC.

Man findet nach dem hier Erwähnten die Stärke der Vergrößerungen, wenn man die Entfernung, bey der man kleine Gegenſtände deutlich wahrnehmen kann, durch die Brennweite des Vergrößerungsglaſes dividirt. Wenn z. B. ein Auge in der Entfernung von 10 Zoll deutlich ſieht, ſo iſt die Vergrößerung des ſcheinbaren Durchmeſſers eines Objects, das man durch ein Vergrößerungsglas von 1 Linie Brennweite betrachtet, 120 mal, folglich die Vergrößerung des Flächenraums 14400 mal.

§. 778. Um die Gegenſtände in den erforderlichen Entfernungen an ein ſolches Vergrößerungsglas

glas bequem zu bringen und dadurch zu betrachten, und ſie auch gehörig zu erleuchten, hat man mehrerley Vorrichtungen ausgedacht. Wir bemerken hier nur beſonders das einfache **Wilſonſche**[1]) oder **Lieberkühnſche Mikroſkop**, und das **Mikroſkop mit dem Erleuchtungsſpiegel**[2]).

1) Gehlers phyſik. Wörterb. Th. III. S. 221.

2) *Muſchenbroek* introd. ad philoſ. nat. T. II. Tab. XLV. Fig. 3.

§. 779. Sonſt hat man auch **zuſammengeſetzte Mikroſkope** (Microſcopia compoſita), die aus mehrern Linſen beſtehen, durch welche man nicht den Gegenſtand ſelbſt, ſondern das Bild deſſelben umgekehrt und vergrößert ſieht. Der Gegenſtand erhält entweder durch einen Hohlſpiegel oder durch ein convexes Glas Erleuchtung. Wir merken hier das **Cuffiſche Mikroſkop**.

Es ſey (Fig. 118.) ein kleines Object acb etwas weiter, als die Brennweite der mikroſkopiſchen Linſe LM beträgt, von derſelben in der gehörigen Erleuchtung geſtellt. In dieſem Falle werden die divergirenden Strahlen der Puncte a, c, b durch die Brechung zu convergirenden (§. 707.), und zwar werden ſie deſto ſpäter zuſammenlaufen, je näher ſie dem Brennpuncte der Linſe LM ſind. BCA iſt hiernach das Bild des Objects, und ſteht gegen daſſelbe verkehrt. Wenn nun noch in FE eine größere convexe Linſe iſt, deren Brennraum mit dem Bilde BCA zuſammenfällt, ſo werden die von B, C, und A ausfahrenden divergirenden Strahlen durch das Brechen zu parallelen (§. 707.), und ſchneiden ſich in O. Iſt hier in O das Auge, ſo ſieht es das umgekehrte Bild BCA des Objects acb deutlich, unter dem Winkel BDA. Dieſer verhält ſich zu dem Sehewinkel, unter dem das Object ohne Mikroſkop geſehen werden würde, wie die Diſtanz des Bildes BA von der Linſe LM zur Brennweite CD der Linſe FE.

Damit aber die Länge dieſes Mikroſkops kürzer und zugleich das Geſichtsfeld größer werde, wird zwiſchen LM und FE noch eine convexe Linſe angebracht, und das Mikroſkop wird alſo aus drey Linſen zuſammengeſetzt. Es ſey (Fig.

(Fig. 119.) ein kleines Object AB, das von der kleinen mikroſkopiſchen Linſe KEC weiter abſteht, als die Brennweite derſelben beträgt. Die divergirenden Strahlen der Puncte B und A werden ſolcher Geſtalt durch das Brechen in die Linſe KEC zu convergirenden. Ehe aber die convergirenden Strahlen s, r, t und Z, K, V der Puncte B und A ſich ſchneiden und das Bild machen, treffen ſie auf die größere convexe Linſe GH (das Collectivglas) und werden dadurch früher convergirend (§. 707.) in d und f, wo ſie das umgekehrte Bild fd des Objects BA machen, von da als divergirende fkq und dpn auf die Linſe nk (das Ocular) fallen, die um die Brennweite von dem Bilde fd entfernt ſteht. Durch das Brechen in dieſer Linſe werden ſie nun zu parallelen, und das Auge in O ſieht dadurch das Bild fd des Objects BA deutlich und vergrößert unter dem Winkel aOp.

Um die Linſen dieſes zuſammengeſetzten Mikroſkops gehörig zu ſtellen, den Gegenſtand gegen das Inſtrument richtig zu ordnen, zu behandeln, und gehörig zu erleuchten, ſehe man *Baker* Employment for the microſcope. Lond. 1752. 8. Beyträge zum Gebrauch und Verbeſſerung des Mikroſkops, a. d. Engl. Augsburg 1754. 8. Branders Beſchreibung zweyer zuſammengeſetzten Mikroſkope, Augsb. 1769. 8.

§. 780. Werkzeuge aus zuſammen verbundenen Linſen, oder auch Spiegeln mit Linſen, welche dazu dienen, entfernte Gegenſtände, die man durchs bloße Geſicht nicht deutlich ſehen kann, klar und deutlich wahrzunehmen, heißen **Fernröhre, Teleſkope** (Teleſcopia, Tubi optici). Man kann ſie überhaupt in zwey Gattungen: 1) in **dioptriſche,** und 2) in **catadioptriſche** eintheilen.

§. 781. Die dioptriſchen Fernröhre beſtehen aus verſchiedenen Glaslinſen, welche in einem Rohre einander näher gebracht oder von einander mehr entfernt werden können. Dieſe Linſen ſelbſt führen verſchiedene Namen. 1) Das **Objectivglas** oder **Vorderglas** iſt dasjenige, das ſich an dem äußerſten Ende des Rohrs befindet und dem zu betrachtenden Gegenſtande

genſtände zunächſt zu gerichtet iſt. Es iſt allemal convex und hat auch eine größere Brennweite, als die übrigen Linſen. 2) Die **Augengläſer** oder **Ocular-gläſer**, deren Stelle an dem andern Ende des Rohres iſt und die dem Auge zu gerichtet ſind. Ihre wahre oder eingebildete Brennweite iſt immer kürzer, als die des Objectivglaſes. Das Rohr, worin man dieſe Gläſer befeſtigt, überzieht man inwendig mit einer ſchwarzen Farbe, und giebt dem Objectivglaſe **Bedeckungen**, um dadurch die Undeutlichkeit des Bildes, welche von der Abweichung der Strahlen wegen der Geſtalt des Glaſes (§. 709.) entſteht, zu verhüten; zu eben dieſer Abſicht dienen auch für die Augengläſer die **Blendungen** in den Röhren.

§. 782. Die erſtere und älteſte Art dieſer dioptriſchen Fernröhre iſt das **Holländiſche** oder **Galileiſche Fernrohr**. Es beſteht aus einem convexen Objectiv- und einem concaven Ocularglaſe, die auf einerley Achſe ſo geſtellt ſind, daß der eingebildete Brennpunct des letztern mit dem wahren Brennpuncte des erſtern zuſammentrifft. Die Entfernung der Linſen von einander iſt folglich der Differenz ihrer Brennweiten gleich. Gegenſtände durch dieſes Fernrohr betrachtet, erſcheinen gerade und unter einem größern Sehewinkel; eigentlich ſo vielmal vergrößert, als die Brennweite des Oculars in der Brennweite des Objectivglaſes enthalten iſt. Wegen des geringen Geſichtsfeldes, oder des geringen Raumes, den man durch dieſes Fernrohr überſehen kann, und wegen der Unbequemlichkeit, daß man das Auge dicht an das

Ocular legen muß, gebraucht man es jetzt nur noch zu Taſchenperſpectiven.

Es ſey (Fig. 120.) das convexe Objectivglas MN mit dem biconcaven Oculare PQ auf einerley Achſe ſo geſtellt, daß der Focus des erſtern Do mit dem Focus des letztern Ko zuſammenfalle. Es ſey das Objectivglas einem ſehr entfernten Objecte zu gerichtet, ſo daß die von den äußerſten Puncten O und B des letztern auf das Objectiv fahrenden divergirenden Strahlen als parallele anzuſehen ſind, und ſich daher in Strahlencylinder verwandeln. Die Achſe A des Strahlencylinders O ſtehe ſenkrecht auf MN und PQ, ſo geht der Strahl, der dieſe Achſe vorſtellt, ungebrochen durch beyde Gläſer, und iſt ADo Die damit parallelen Strahlen dieſes Strahlencylinders O werden durch die Brechung in MN zu convergirenden, und würden ohne PQ in o zuſammentreffen, durch die Brechung in PQ aber werden ſie zu parallelen (§. 714.). Von dem untern Puncte B des Objects geht eben ſo ein Strahlencylinder BD nach dem Objectivglaſe MN, und die durch die Brechung in demſelben convergirend gemachten Strahlen deſſelben werden durch die Brechung in PQ zu parallelen. Was von dieſen Strahlencylindern O und B gilt, gilt von allen den Strahlencylindern der übrigen zwiſchen O und B befindlichen Puncte des Objects, die auf das Objectivglas fallen. Wenn daher das Auge dicht hinter dem Oculare PQ iſt, ſo wird es die Puncte A und B, und ſo die übrigen dazwiſchen, deutlich ſehen; denn die parallelen Strahlen Cb und Ko werden durch die Brechung im Auge ein Bild der Puncte b und o auf der Netzhaut machen, das eben ſo gegen das Object verkehrt ſteht, als es ohne die Gläſer durch die Brechung im Auge allein ſtehen würde. Das Auge ſieht alſo den Gegenſtand aufrecht, wie natürlich, und ſieht ihn unter dem Winkel bKo, unter dem die Achſen der durch die Brechung im Auge gebildeten Strahlenkegel geneigt ſind. Wenn das Auge in D wäre, ſo würde es den Gegenſtand OB ohne das Teleſkop unter dem Winkel ADB = bDo wahrnehmen. Wegen Kleinheit der Winkel bKo, bDo können wir annehmen, daß ihre Sinus von den Bogen, die ſie meſſen, ſelbſt nicht merklich verſchieden ſind; wir können alſo bo als einen Bogen anſehen, der den Winkel bKo, deſſen Sinus totus oK iſt, und zugleich den Winkel bDo mißt, deſſen Sinus totus oD iſt. Da die Winkel ſich verhalten wie die ihnen zugehörigen Bogen, und umgekehrt wie der Sinus totus derſelben, ſo iſt $bKo : bDo = \frac{bo}{oK} : \frac{bo}{oD} = oD : oK$. Da nun oD, oK die reſpectiven Brennweiten des Objectivglaſes und des Oculars vorſtellen, ſo verhält ſich demnach der Winkel bKo, oder die ſcheinbare Größe, unter der das Object durchs Teleſkop wahrgenommen wird, zu dem Winkel bDo = ADB, oder zu der ſcheinbaren Größe,

unter

unter der das Object ohne das Teleſkop wahrgenommen wird, wie die Brennweite oD des Objectivglaſes zur Brennweite oK des Oculars; oder das Object erſcheint im Durchmeſſer ſo vielmal vergrößert, als oK in oD enthalten iſt.

Scherfferi inſtitut. phyſ. P II. S. 245.

§. 783. Eine zweyte Art iſt das Keplerſche Sternrohr (Tubus aſtronomicus), in welchem ein convexes Augenglas mit einem convexen Objective von einer längern Brennweite ſo zuſammengeſetzt iſt, daß ihre Entfernung von einander der Summe ihrer Brennweiten gleich iſt. Der Gegenſtand erſcheint dadurch verkehrt, und man ſieht eigentlich durch das Ocular nicht den Gegenſtand ſelbſt, ſondern das Bild davon in dem Rohre vor dem Oculare. Dieſes Fernrohr hat ein weit größeres Geſichtsfeld, als das vorige, und man bedient ſich deſſelben zum aſtronomiſchen Gebrauche. Man ſieht die Gegenſtände dadurch ſo oft vergrößert, als die Brennweite des Oculars in der Brennweite des Objectivglaſes enthalten iſt.

Es ſeyen (Fig. 121.) MN ein biconvexes Objectivglas, und PQ ein biconvexes Ocular von einer kürzern Brennweite, auf einerley Achſe ſo geſtellt, daß ſie um die Summe ihrer reſpectiven Brennweiten Do + Ko von einander entfernt ſind. Es ſey hier ebenfalls das Object ſo weit entfernt, daß die von ſeinen ſichtbaren Puncten kommenden divergirenden Strahlen als parallele anzuſehen ſind. O und B ſeyen der oberſte und unterſte Punct des Objects, und AD und BD die Achſen der davon auf das Objectivglas MN fallenden Strahlencylinder. Die reſpectiven Strahlen dieſer Strahlencylinder werden durch die Brechung in MN zu convergirenden, laufen im Brennpuncte des Glaſes MN zuſammen, und machen alſo in bo das umgekehrte Bild des Gegenſtandes AB. Da oK zu gleicher Zeit die Brennweite der Linſe PQ iſt, ſo werden die in b und o wieder divergirend auslaufenden Strahlen durch die Brechung in der Linſe zu parallelen, die ſich nachher wieder unter dem Winkel PFK = bKo ſchneiden. Das in F befindliche Auge ſieht nun nicht den Gegenſtand ſelbſt, ſondern das Bild des Gegenſtandes, und zwar unter dem Winkel bKo. Wenn wir nun wieder wie vorher (§. 782. Anm.) bo für den

den Bogen nehmen, ſo folgt, daß ſich der Winkel bKo, unter dem das Bild des Gegenſtandes vermittelſt des Perſpectivs geſehen wird, zu bDo (= ADB), unter dem das Object AB von dem bloßen Auge in D geſehen werden würde, verhalte wie Do : Ko, d. i., wie die Brennweite des Objectivs zur Brennweite des Oculars; oder daß der Gegenſtand ſo vielmal vergrößert erſcheint, als die Brennweite des Oculars in der Brennweite des Objectivglaſes enthalten iſt.

Da das Bild, welches das Auge durch dieſes Fernrohr wahrnimmt, gegen den Gegenſtand, mit dem bloßen Auge geſehen, eine umgekehrte Lage hat, ſo ſieht man leicht, daß man die Gegenſtände durch dieſes Fernrohr verkehrt wahrnehmen müſſe.

§. 784. Die dritte und gewöhnlichſte Art iſt das **Erdrohr** (Tubus terreſtris), deſſen Erfindung dem Pater Rheita zugeſchrieben wird. Es beſteht gewöhnlich aus drey converen Oculargläſern von kurzer Brennweite, und einem converen Objective von längerer Brennweite. Die Entfernung des Objectivglaſes vom nächſten Oculare iſt der Summe ihrer Brennweiten gleich, und auch ſo die Entfernung der Oculare von einander. Man ſieht den Gegenſtand durch dieſes Erdrohr aufrechts, und eigentlich wird das verkehrte Bild des Gegenſtandes, das man beym Sternrohre ſieht (§. 783.), durch das zweyte Ocular wieder aufrechts gebracht. Die Vergrößerung iſt wie bey dem Sternrohre, und kann größer werden, wenn man dem zweyten Ocularglaſe eine größere Brennweite giebt, als dem erſten. Man hat auch Erdröhre mit fünf Augengläſern.

Wenn zu den Gläſern MN und PQ des Sternrohres (Fig. 121.) noch zwey andere biconvere RS und TV (Fig. 122.) ſo gefügt werden, daß dieſe letztern um die Summe ihrer Brennweiten von einander abſtehen, ſo werden die parallelen Strahlen, die aus PQ herausfahren und ſich in F ſchneiden, durch die Brechung in RS wieder zu convergirenden, und in der Brennweite von RS das Bild αβ hervorbringen, das gegen das in bo verkehrt, und alſo wiederum ſo, wie

der Gegenſtand, ſteht. Da die von ω und β divergirend auf TV fallenden Strahlen aus dem Brennraume dieſer Linſe kommen, ſo werden ſie wieder zu parallelen, und das Auge ſieht dadurch das Bild ωβ des Gegenſtandes Oβ deutlich, und zwar in derſelben Stellung, als den Gegenſtand.

§. 785. Kurzſichtige müſſen bey allen dieſen Fernröhren die Ocularglaͤſer dem Objective naͤher bringen, um die ſonſt parallel auslaufenden Strahlen als divergirend auf das Auge zu empfangen.

§. 786. Außer der Unvollkommenheit, welche dieſe Werkzeuge durch die Abweichungen der Strahlen wegen der Geſtalt des Glaſes (§. 709. 781.) erhalten, beſitzen ſie eine noch weit erheblichere, die von der verſchiedenen Brechbarkeit der farbigen Strahlen herrührt (§. 727.), und welche zur Folge hat, daß das Bild des Objectes mit farbigen Raͤndern und überhaupt undeutlich erſcheint. Man ſuchte ſonſt dieſen Fehler dadurch zu vermindern, daß man Objective von ſehr langen Brennweiten anwendete, und mußte deswegen die Fernröhre ſehr lang machen; allein die Undeutlichkeit wird deſſen ungeachtet dadurch nicht gaͤnzlich gehoben.

§. 787. Im Jahre 1747 kam **Euler** auf den Gedanken, den Fehler der dioptriſchen Fernröhre, der von der Abweichung der Strahlen wegen ihrer verſchiedenen Brechbarkeit herrührt, dadurch zu heben, daß man das Objectiv aus zweyerley durchſichtigen Materien zuſammenſetze, welche das Licht nicht auf einerley Art braͤchen, ſo daß die eine die farbigen Strahlen wieder vereinigte, welche die andere

trennte. **Newton** hatte dieſen Fehler für unverbeſſerlich gehalten, und deshalb die nachher anzuführenden reflectirenden Teleſkope angegeben. **Johann Dollond** behauptete zwar erſt den Newtoniſchen Satz gegen **Eulern**; allein er fand nachher doch, nachdem beſonders **Klingenſtierna Newtons** Satz näher geprüft hatte, daß er geirrt habe, und war der Erſte, der ein **farbenloſes** oder **achromatiſches Fernrohr** zu Stande brachte. Die Einrichtungen dieſer Fernröhre hat nachher theils er ſelbſt, theils ſein Sohn anſehnlich verbeſſert, und ſie führen auch noch nach ihm den Namen der **Dollondiſchen, Fernröhre.**

J. Newton optice, L. I. P. III. pr. 83. S. 106. Sur la perfection des verres objectifs des lunettes, par Mr. *Euler*; in d. *Mem. de l' acad. roy. des ſciences de Pruſſe*, 1747. S. 274. Anmerkung über das Geſetz der Brechung der Lichtſtrahlen von verſchiedener Art, wenn ſie durch ein durchſichtiges Mittel in verſchiedene andere übergehen, von Sam. Klingenſtierna; in den ſchwed. Abhandl. vom J. 1754. S. 300. An account of ſome experiments concerning the different refrangibility of light, by *John Dollond*; in den *philoſophic. transact. Vol. L.* S. 733.

§. 788. Die Möglichkeit achromatiſcher Fernröhre, oder vielmehr die Möglichkeit, den Fehler der Glaslinſen, der von der verſchiedenen Brechbarkeit der verſchiedenen Gattungen des Lichts entſpringt (§. 727.), zu heben, beruhet auf dem oben angeführten Satze (§. 733.): daß die Farbenzerſtreuung bey der Brechung in verſchiedenen durchſichtigen Mitteln nicht im Verhältniſſe der brechenden Kraft derſelben iſt. **Dollond** fand bey ſeinen Verſuchen, daß zwey Sorten in England gemachten Glaſes, **Crownglas** und **Flintglas**, zwar ziemlich gleiche Brechkraft beſaßen,

indem

indem bey erſterm der Brechungsſinus für die aus der Luft einfallenden Strahlen ſich zum Einfallsſinus verhielt, wie 154 zu 100, im letztern wie 153 zu 100; daß aber dagegen die Farbenzerſtreuung im Crownglaſe ſich zu der im Flintglaſe verhielt, wie 2 zu 3. Er erſah hieraus, daß, wenn dieſe Glasarten gehörig mit einander verbunden würden, man ſo wohl in Kugelflächen als dreyſeitigen Prismen eine Strahlenbrechung zuwege bringen könnte, ohne daß ſich das heterogene Licht von einander abſonderte, und mithin, wider **Newtons** Meinung, ſo wohl rothe als violette Strahlen in einer gemeinſchaftlichen Richtung ohne alle Spaltung aus dem Glaſe herausgehen könnten; und daß alſo zwey aus jenen verſchiedenen Glasarten gemachte Linſen ein zuſammengeſetztes Objectivglas geben könnten, welches den aus dem Brechungsunterſchiede des farbigen Lichts herkommenden Fehler gänzlich verbeſſerte.

§. 789. Um dies noch mehr zu erklären, ſetze man, daß zwey dreyſeitige Prismen, eines aus gemeinem Glaſe, das andere aus Flintglaſe (§. 788.) gemacht ſeyen, und daß jenes bey jedem Grade, um welchen es die **rothen** Strahlen bricht, die violetten um 2 Minuten mehr, dieſes aber bey jedem Grade, um welchen es die rothen bricht, die violetten um 3 Minuten mehr breche. Ferner ſey der brechende Winkel des Prisma aus gemeinem Glaſe etwas größer, als deſſen aus Flintglaſe, ſo daß, wenn das rothe Licht durch jenen um 6 Grade abwärts gebrochen wird, es durch dieſen, der ſich in entgegengeſetzter Stellung

befinden muß, um 4 Grade aufwärts gebrochen werde. Man wird nun leicht einſehen, daß die **violetten** Strahlen im erſtern Prisma um 6 Gr. 12 Min. herab, im zweyten um 4 Gr. 12 Minuten hinauf gebrochen werden müſſen, und daß ſie alſo bey dem Austritte aus dem letztern noch um 2 Gr. abwärts gebrochen bleiben, alſo gerade um ſo viel, als es bey den **rothen** Strahlen der Fall iſt; daß folglich ſo wohl rothe als violette Strahlen unter einem gleichen Neigungswinkel von 2 Graden ausfahren, ohne ſich folglich zu zerſpalten; und daß mithin zwar die Farbenzerſtreuung, aber nicht die Brechung ſelbſt, aufgehoben werde.

§. 790. Wenn nun zwey Glaslinſen, eine erhabene aus Crownglaſe, und eine hohle aus Flintglaſe, zuſammen ein Objectivglas ausmachen, ſo kann man ſie füglich als zwey in entgegengeſetzter Stellung der brechenden Winkel auf einander liegende Prismen betrachten, und es wird ſich in denſelben die Strahlenbrechung auf gleiche Weiſe verhalten, oder die Farbenzerſtreuung wird aufgehoben werden, ungeachtet die Brechung des Lichts beym Ausgange noch verbleibt, falls nur der Krümmungshalbmeſſer des Hohlglaſes zu dem des erhabenen Glaſes das dazu nöthige Verhältniß hat. Es wird der aus der verſchiedenen Brechbarkeit des farbigen Lichts herrührende Fehler der Objectivgläſer gehoben, wenn die Farbenzerſtreuung (Discrimen refractionis) in dem erhabenen Glaſe ſich zur Farbenzerſtreuung in dem hohlen verhält, wie die Brennweite paralleler Strahlen im

erſtern

erſtern zu der im letztern, oder wie die Halbmeſſer ihrer Krümmungen (§. 708. 714..), wenn ein gleichförmig biconcaves Glas mit einem gleichförmig biconvexen verbunden wird.

Roger Joſ. Boscovich Abhandlung von den verbeſſerten dioptriſchen Fernröhren. Wien 1765. 8.

§. 791. Die weſentliche Einrichtung dieſer achromatiſchen Fernröhre iſt alſo, daß das Objectiv aus zwey ganz nahe zuſammengeſtellten Linſen von ſo genanntem Crownglaſe und Flintglaſe zuſammengeſetzt wird. Hinter die biconvexe Linſe nämlich aus Crownglaſe wird eine biconcave Linſe aus Flintglaſe geſetzt, deren Krümmungshalbmeſſer ſich gegen einander verhalten, wie die reſpectiven Farbenzerſtreuungen dieſer Glasarten. Man macht das Objectiv auch noch vollkommener dreyfach, aus zwey convexen Linſen aus Crownglaſe und einer dazwiſchen befindlichen biconcaven aus Flintglaſe. Dieſe Objective vertragen eine weit ſtärkere Vergrößerung, als die einfachen, und brauchen eine viel kürzere Brennweite zu haben. Das Flintglas hat ſeine ſtarke zerſtreuende Kraft wohl vom beygemiſchten Bleykalke; nur hält es ſchwer, dieſes Glas vollkommen klar und ohne Streifen und Wellen zu erhalten.

Von der Theorie der achromatiſchen Fernröhre ſehe man: Mémoire ſur les moyens de perfectionner les lunettes d' approche par l' uſage d' objectifs composés de pluſieurs matières differemment refringantes, par Mr. *Clairaut*, in den *Mém. de l' acad. roy. des ſc.* 1756. S. 380. Second mémoire, ebendaſ. 1757. S. 524. *Sam. Klingenſtierna* tentamina de definiendis et corrigendis aberrationibus luminis in lentibus ſphaericis refracti, et de perficiendo teleſcopio dioptrico. Petrop. 1762. gr. 4. Nik. Fuß umſtändliche Anweiſung, wie alle Arten von Fernröhren in der größten möglichen Vollkommenheit zu verfer-

verfertigen ſind, a. d. Franz. von Geo. Sim. Klügel. Leipz. 1778. 4. *Klügel* nova conſtructio lentis obiectivae duplicatae ab aberratione radiorum prorſus liberae; in den Götting. gel Anzeigen 1796. St. 47. S. 465.

§. 792. Da das von Spiegelflächen zurückſtrahlende weiße Licht nicht in Farben zerſtreuet wird, und alſo dadurch nicht die erwähnte Undeutlichkeit des Bildes entſteht, ſo veranlaßte dies **Newton** den Gedanken, den ſchon **Jacob Gregory** und vielleicht noch früher **Mersenne** gehabt hatte, anſtatt des Objectivglaſes im Fernrohre einen Hohlſpiegel zu gebrauchen, beſonders zu benutzen. Dieſe Art der Fernröhre (§. 780.) führt den Namen der **Spiegelteleſkope** (Tubi reflectentes).

§. 793. Die erſte Art, das **Newtoniſche Spiegelteleſkop** (Tubus Newtonianus), beſteht aus einem Hohlſpiegel, der in ein Rohr ſo eingeſetzt iſt, daß das andere Ende deſſelben der Spiegelfläche gegen über offen iſt, welches nach dem Gegenſtande zu gerichtet wird. Die Achſe des Spiegels fällt mit der Achſe des Rohrs zuſammen. Die vom Hohlſpiegel convergirend zurückprallenden Strahlen werden von einem kleinen Planſpiegel, der unter einem halben rechten Winkel gegen die Achſe des Rohrs befeſtigt iſt, noch ehe ſie in dem Brennpuncte zuſammentreffen, aufgefangen, und von demſelben nun nach einer auf der Achſe des Rohrs ſenkrechten Richtung nach dem zur Seite in dem Rohre befindlichen Oculare zurückgeworfen, in deſſen Brennpuncte ſie ſich vereinigen und ein Bild machen. Weil man dieſerhalb zur Seite in das Fernrohr hineinſieht, ſo iſt auswendig mit der Achſe deſſelben

ben parallel ein kleines Fernrohr, der **Finder**, durch welches man erſt den zu betrachtenden Gegenſtand ſucht. Durch dieſes Newtoniſche Spiegelteleſkop ſieht man den Gegenſtand verkehrt, und ſo vielmal vergrößert, als die Brennweite des Oculars in der Brennweite des Hohlſpiegels enthalten iſt.

In dem Rohre GHIN (Fig. 123.), das bey GN offen und bey HI verſchloſſen iſt, ſteht der ſphäriſche Hohlſpiegel DC. Es ſey die Mündung GN des Rohrs einem Gegenſtande zu gerichtet, der ſo weit entfernt iſt, daß die von einzelnen Puncten kommenden divergirenden Strahlen als parallele anzuſehen ſind. So kommen nun von des Objects oberſtem Puncte der Strahlencylinder OO, und von dem unterſten der Strahlencylinder BB. Die auf den Spiegel fallenden Strahlen OD, OC würden durch Reflexion das Bild des Punctes O in o in des Spiegels Achſe machen, und die Strahlen BD und BC das Bild des Punctes B in b. Allein ehe ſie zu einem Bilde zuſammentreffen, werden ſie von dem unter einem Winkel von 45° gegen die Achſe des Spiegels geneigten kleinen Planſpiegel TV aufgefangen, und nach dem Seitenrohre SR zu geworfen. Da hierbey die Convergenz der Strahlen nicht vermehrt und vermindert wird, ſo kommt die Spitze b des Strahlenkegels DbC nach β, und die Spitze o des Strahlenkegels DoC nach ω, und $\omega\beta$ iſt alſo das Bild des entfernten Gegenſtandes OB. Die von ω, β ausfahrenden divergirenden Strahlen treffen auf die convexe Linſe t, und werden durch die Brechung darin zu parallelen, und ſchneiden ſich als ſolche in K. Das Auge in K ſieht alſo das Bild des Gegenſtandes deutlich, und zwar unter dem Sehewinkel $\beta t\omega$ = bto.

Wenn nun das Auge in D wäre, ſo würde es den Gegenſtand für ſich unter dem Winkel ODB = bDo wahrnehmen. Wenn wir, wie bey den vorigen Arten der Fernröhre, bo für einen Bogen nehmen, der die Winkel bDo und bto mißt, ſo iſt $bto : bDo = \frac{bo}{to} : \frac{bo}{Do} = Do : to$ $= Do : t\omega$. Der Sehewinkel vom Bilde $\omega\beta$ verhält ſich demnach zum Sehewinkel des Gegenſtandes OB mit bloßen Augen betrachtet, wie die Brennweite DO des Hohlſpiegels zur Brennweite $t\omega$ des Oculars; oder der Gegenſtand wird ſo vielmal vergrößert wahrgenommen, als die Brennweite des Oculars in der des Hohlſpiegels enthalten iſt.

Da nähere Gegenſtände einen längern, weitere einen kürzern Focum haben, ſo müſſen der kleine Planſpiegel TV und das Ocular einander mehr genähert oder von einander mehr entfernt werden können.

Uebri-

Uebrigens ſieht man leicht, warum man in dieſem Teleſkope den Gegenſtand verkehrt wahrnehmen müſſe.
Newton optice, p. 90.

§. 794. Bequemer für irdiſche Gegenſtände iſt die zweyte Art, das **Gregory'ſche Spiegelteleſkop** (Tubus Gregoryanus), dem Dr. Hook beſonders dieſe Einrichtung gegeben hat. Es iſt nämlich, wie bey dem vorigen (§. 793.), ein Hohlſpiegel in dem Rohre befeſtigt, der in der Mitte eine runde Oeffnung hat. Die von demſelben convergirend zurückprallenden Strahlen werden von einem viel kleinern Hohlſpiegel, der in einer der Summe der Brennweiten beyder Spiegel gleichen Entfernung in der Achſe des Rohres befeſtigt iſt, aufgefangen, und als parallele durch die Oeffnung des größern Spiegels nach dem erſten Oculare zu geworfen, durch welches das umgekehrte Bild des Gegenſtandes wieder aufrecht gebracht, und durch das zweyte Ocular in dieſer Stellung geſehen wird. Dieſes Teleſkop hat alſo Aehnlichkeit mit dem dioptriſchen Erdrohre (§. 784.).

In dem Rohre GHNI (Fig. 124.) ſey der in der Mitte mit einer kreisrunden Oeffnung verſehene Hohlſpiegel DC befindlich. Er reflectirt die Strahlen OD, OC, die von einem obern Puncte des ſehr entfernten Objects kommen, und die Strahlen BD, BC, die von des Objects unterſtem Puncte kommen, dergeſtalt, daß das umgekehrte Bild ob des Objects OB hervorgebracht wird. In dem Rohre iſt ein anderer kleiner Hohlſpiegel TV. Iſt dieſer vom Bilde bo nicht ſo weit entfernt, als die Brennweite deſſelben beträgt, ſo werden die von bo ausgehenden divergirenden Strahlen von ihm als convergirend zurückgeworfen, und machen wiederum ein Bild in ωβ, das einerley Stellung mit dem Objecte hat. Die von ωβ divergirend ausfahrenden Strahlen werden durch die Brechung in der convexen Linſe LM zu parallelen und durchkreuzen ſich als ſolche in K, wo ſie das Auge empfängt und dadurch das Bild ωβ deutlich ſieht.

Wenn der kleine Hohlſpiegel TV um ſeine Brennweite von bo abſteht, ſo werden die davon zurückgeworfenen Strahlen zu parallelen, und durch die Brechung in der Linſe LM zu convergirenden. Sie machen hier ein Bild

des

des Gegenſtandes, das mit ihm einerley Stellung hat. Treffen nun die divergirenden Strahlen dieſes Bildes wieder auf eine zweyte erhabene Linſe, die von der vorigen um die Summe der Brennweiten abſteht, ſo werden ſie dadurch zu parallelen, und das Auge ſieht dadurch, wie beym Erdrohre, das Bild deutlich.

Iac. Gregorii optica promota. Lond. 1663. 4.

§. 795. Die dritte Art dieſer catoptrico-dioptriſchen Fernröhre iſt das **Caſſegrainiſche Spiegelteleſkop**, das dem Gregory'ſchen (§. 794.) ganz ähnlich iſt, nur daß die vom größern Spiegel convergirend reflectirten Strahlen ſtatt eines Hohlſpiegels von einem kleinen erhabenen Spiegel reflectirt werden, noch ehe ſie in ihrem Brennpuncte zuſammenkommen, und zwiſchen beyden ein verkehrt liegendes Bild durch das convexe Ocularglas geſehen wird.

§. 796. Die Spiegelteleſkope waren vorzüglich beliebt, ehe die achromatiſchen Fernröhre erfunden waren. Sie können weit kürzer ſeyn, als ein gemeines dioptriſches von gleicher Güte. Aber ihre Spiegel müſſen auch mit außerordentlicher Genauigkeit gearbeitet werden, und laufen an der Luft leicht an und werden unſcheinbar. Gläſerne Spiegel kann man wegen der doppelten Bilder, die ſie machen, nicht gut dazu brauchen. Die Platina würde auch hier wieder die entſchiedenſten Vorzüge haben. Herr **Herſchel** hat die Spiegelteleſkope zu einem ganz außerordentlichen Grade der Vollkommenheit gebracht und ſie von ungemeiner Größe ausgeführt. Herr **Schrader** in Kiel hat ihm darin mit glücklichem Erfolge nachgeeifert. Bey dieſen größern Teleſkopen iſt der Fangſpiegel, der ſich im Newtoniſchen (§. 793.) findet, weggelaſſen, und der Beobachter ſieht von vorne in das Rohr.

Nach-

Nachrichten von dem großen Herſchelſchen Spiegelteleſkope ſehe man: in Lichtenbergs Magazin für das Neueſte aus der Phyſik, B. V. St. 1. S. 108.; Bodens aſtronom. Jahrb. 1790; Gehlers phyſ. Wörterb. Th. IV. S. 148.

Nachricht von Hrn. Herſchels vierzigfüßigem Teleſkope; in Grens neuem Journ. der Phyſik, B. III. S. 468. ff.

§. 797. Noch ſind hier einige optiſche Fragen zu beantworten, die in dem Vorhergehenden keinen ſchicklichen Platz finden konnten.

1) Was iſt die Urſach der **Strahlungen**, die wir an einer Lichtflamme wahrnehmen, wenn wir ſie mit blinzenden Augen betrachten? Da die bemerkbarſten Strahlungen diejenigen ſind, welche von unten divergiren, und wovon jede mit einer Verticallinie einen Winkel von etwa 7 Grad bildet; und da dieſer Winkel dem gleich iſt, welchen die Ränder der Augenlieder beym Schließen mit einer Horizontallinie machen; ſo iſt es nach Hrn. Young offenbar, daß dieſe Strahlungen durch Reflexion des Lichts von dieſen flachen Rändern der Augenlieder hervorgebracht werden. Die Seitenſtrahlungen werden durch dasjenige Licht bewirkt, welches von den Seitentheilen des Pupillenrandes reflectirt wird, während der obere und untere Theil der Pupille durch die Augenlieder bedeckt ſind.

2) Wodurch ſcheinen **Funken** zu entſtehen, wenn das Auge im Dunkeln gedrückt oder gerieben wird? Ein breiter Druck, wie der vom Finger, auf den opaken Theil des Auges im Finſtern, verurſacht ein kreisförmiges Spectrum an der Stelle, welche der gedrückten gegen über iſt; das Licht

licht des Discus iſt ſchwach, das des Umkreiſes ſtärker. Wird hingegen eine ſchmale Fläche zum Drucke angewendet, wie der Knopf einer Stecknadel oder der Nagel, ſo iſt das Bild ſchmal und hell. Offenbar rührt dies, nach Hrn. **Young**, von der Reitzung der Netzhaut am gedrückten Theile her, und das Gemüth bezieht ſie auf die Stelle, von welcher licht, das durch die Pupille käme, auf dieſen Fleck fallen würde. Weil die Reitzung am Umkreiſe der niedergedrückten Stelle, wegen der größern Dehnung, am größeſten iſt, ſo iſt auch hier die Erſcheinung am lebhafteſten. Wenn das Auge zu gleicher Zeit wirkliches licht empfängt, ſo iſt nur der Umkreis leuchtend, der Discus aber dunkel; und wenn das Auge an dem Theile, wo das Bild erſcheint, ein Object ſehen würde, ſo wird dies ganz unſichtbar und verſchwindet. Es verwiſcht alſo die ſtärkere Reitzung durch Druck die ſchwächere durch wirkliches licht. Wenn der vordere Theil des Auges zu wiederhohlten Malen gedrückt wird, ſo daß dadurch eine Art von ſchmerzhafter Empfindung veranlaßt wird und ein fortdauernder Druck auf die Sclerotica Statt findet, während ein ununterbrochener Druck auf die Hornhaut gemacht wird; ſo nehmen wir gemeiniglich leuchtende, äſtige, linien wahr, die einiger Maßen unter einander verbunden ſind, und von jedem Theile des Geſichtsfeldes gegen ein Centrum, das etwas mehr nach außen und höher als die Augenachſe

genachſe liegt, zu ſchießen. Wahrſcheinlich wird hier eine ungleiche Bewegung der verſchiedenen Stellen der Netzhaut, und mithin Reitzung derſelben, hervorgebracht, die das Urtheil erzeugt, das ſonſt mit der Reitzung von wirklichem Lichte verknüpft iſt.

Thom. Young oben (§. 772.) angef. Abhandl.

Nähere Unterſuchungen über die Miſchung und Entwickelung des Lichts, und ſeine Verbindung mit Wärmeſtoff, als Feuer.

§. 798. Die Lehre, nach welcher das Licht als eine eigenthümliche Materie, die von den leuchtenden oder erleuchteten Körpern ausgeht und in wirklich progreſſiver Bewegung fortgepflanzt, vorgeſtellt wird, heißt das **Emanationsſyſtem**, dem man die Lehre entgegenſetzt, nach welcher das Licht zwar auch von einer eigenthümlichen Materie herrühren ſoll, die man Aether nennt, doch aber ſo, daß das Licht nur von einem gewiſſen Zuſtande dieſes allenthalben verbreiteten Aethers, nämlich von einer ſchwingenden Bewegung deſſelben, herrühre. Die Gründe, welche ſich gegen die Erklärungen der Phänomene des Lichts nach letzterm Syſteme, machen laſſen, ſind von der Art, daß ſich darauf keine befriedigende Antwort geben läßt.

Das Emanationsſyſtem hat erſt, ſeitdem es Newton zum Grunde legte und ſeine herrlichen Entdeckungen in der Lehre vom Lichte darauf bauete, ſein großes Anſehen erhalten. Schon bey den Alten war die Meinung herrſchend, daß das Licht ein Ausfluß eines materiellen Weſens ſey; Epikur, Empedokles und die Corpuscularisſten überhaupt nahmen

ſie an, und machten daraus Erklärungen des Sehens, die aber freylich das Gepräge der gänzlichen Unbekanntſchaft mit den Phänomenen des Lichts, die uns die Experimentaluntersuchungen späterer Zeiten gelehrt haben, an ſich tragen. Aus einer falſch verſtandenen Stelle des Ariſtoteles (*De mente* II. 7.) nahmen die Scholaſtiker Anlaß, das Licht für unkörperlich, für eine bloße Qualität zu erklären. Ihre Gründe waren: 1) weil man ſonſt einen leeren Raum in der Natur annehmen müſſe; 2) weil die Luft von Finſterniß zum Lichte komme, ohne bemerkbare Theilung, ohne irgend eine Bewegung; 3) weil das Licht vom härteſten Kryſtalle, vom Waſſer, u. dergl. durchſichtigen Körpern aufgenommen werde, und alſo an einem und eben demſelben Orte mit dieſen Körpern ſey: Eſt ergo Accidens receptum in corpore, in quo aliud omnino corpus admitti non poteſt: 4) weil, wenn das Licht Subſtanz wäre, ſeine augenblickliche Verbreitung nicht begriffen werden könnte. Andere Gründe waren von der bey der Materialität des Lichts entſtehenden Hemmung und Hinderung der leuchtenden Ströme in ihrer Bewegung, von der daraus folgenden Verminderung der Sonnenmaſſe, von der Unermeßlichkeit der Ausflüſſe, die davon Statt finden müßten, hergenommen. Einige dieſer Gegengründe müſſen von ſelbſt wegfallen, andere werden nachher näher beantwortet werden. Carteſius (*Princip. philoſ.* P. III. §. 55. 63. 64. *Dioptrica* §. 3. 4. ff.) hielt das Licht für den Impulſus der Materie ſeines zweyten Elements, der von der ſchnellen Bewegung eines leuchtenden Körpers herrühre. Durch die ſchnelle und heftige Bewegung der Theilchen des erſten und feinſten Elements würden die harten Kügelchen des zweyten Elements von allen Seiten gedrückt und geſtoßen, und es pflanze ſich dieſer Stoß im Moment, ohne Zeit, durch alle geradlinige Reihen dieſer Kügelchen fort. Dieſem Syſteme ſteht entgegen: daß die Fortpflanzung des Lichts nicht inſtantan iſt; daß ſich daraus nicht einſehen läßt, warum z. B. das dichtere Glas durchſichtig, das lockerere Papier es nicht iſt; daß nach dieſer Hypotheſe folgen würde, daß nirgends Finſterniß ſeyn könne, indem ſich der Impulſus der Kügelchen des zweyten Elements nach allen Richtungen fortpflanzen müßte; und endlich daß das Daſeyn dieſes Elements ganz nur fingirt, nicht erwieſen iſt. Huygens ſuchte dieſes Carteſianiſche Syſtem dadurch zu verbeſſern (*Traité de la lumière*, à Leide 1690. 4.), daß er der Materie, von deren Impulſus die Empfindung des Lichts abhänge, und der er den Namen Aether giebt, Elaſticität zuſchreibt, und die Fortpflanzung des Lichts in derſelben durch wellenförmige Bewegung, oder Wirbel, welche jedes von dem leuchtenden Körper bewegte Theilchen um ſich her errege, erklärt. Dieſe Huygenſche Meinung hat Euler (*nova theoria lucis et colorum*; in ſeinen *opuſc. varii argument.* Berol, 17 6 S. 169. ff., und *Lettres à une Princeſſe d'Allemagne*, T. I. L. 17 — 31.) in ſeiner ſo berühmt gewordenen Theorie zum Grunde gelegt und dem

Gebäu-

Gebäude durch ſeine ſcharfſinnigen Berechnungen und ſeine fruchtbare Anwendung ſehr viele Liebhaber erweckt. Er nimmt an, daß eine höchſt ſubtile und elaſtiſche Materie, oder der Aether, im Weltraume ausgebreitet ſey. Dieſer Aether iſt, ſeiner Berechnung zu Folge, 38736100 mal dünner, als die Luft, ſeine Elaſticität iſt aber 1287 mal größer, als die der Luft. Leuchtende Körper ſind ſolche, deren Oberfläche in einem ſchnellen Zittern ihrer Theilchen iſt, die dadurch den berührenden Aether eben ſo bewegen, wie die ſchallenden Körper durch ihre Schwingungen die Luft. Die Pulſus des Aethers pflanzen ſich nach allen Seiten zu fort, wie die Radii einer Sphäre von ihrem Mittelpuncte. Die Succeſſion dieſer Schläge in einer und derſelben geraden Linie macht den Lichtſtrahl aus. Durchſichtige Körper ſind ſolche, deren Subſtanz dieſe Schläge ſelbſt fortpflanzt; ſpiegelnde Körper ſind ſolche, deren Theilchen durch die Schwingungen des Aethers nicht ſelbſt in Bewegung geſetzt werden, ſondern die Pulſus deſſelben unter dem Reflexionswinkel zurückſenden. Euler beſtreitet zur Begründung ſeiner eigenen Hypotheſe das Newtoniſche Emanationsſyſtem mit folgenden Gründen: 1) Wenn ſich die Natur nur bey geringen Diſtanzen der Ausflüſſe bedient, z. B. beym Geruche, um die Empfindungen zu erregen, bey weitern Diſtanzen hingegen, wie zur Fortpflanzung des Schalles, keine ſolche Ausflüſſe braucht, ſo muß ſie auch, um noch entferntere Dinge dem Geſichte empfindbar zu machen, dieſe andere Fortpflanzungsart gewählt haben. — Ich muß geſtehen, daß ich die Bündigkeit des Schluſſes von dem Warum auf das Wie nicht gehörig einſehe; auch dürfen in der Naturlehre keine Erklärungen aus Zwecken geführt werden. 2) Beym Emanationsſyſteme müßten die Himmelsräume mit der Materie des Lichts ſo angefüllt ſeyn, und dieſe müßte mit einer ſo großen Geſchwindigkeit bewegt werden, daß dadurch die Planeten in ihrem Laufe geſtört werden würden. — Allein nicht zu gedenken, daß ein Theil dieſes Einwurfs auf das Euleriſche Syſtem ſelbſt zurückfällt, und daß er ganz verſchwindet, wenn man erwägt, daß in einer expanſibelen, nicht ſchweren Flüſſigkeit, wie das Licht iſt, die Verſchiebung ſeiner Theile kein Hinderniß der Bewegung eines Körpers darin ſeyn könne. 3) Die unzählbaren Lichtſtrahlen müßten ſich nach ſo vielen Richtungen durchkreuzen, daß ſie durch ihren Anſtoß an einander ſich in ihren Bewegungen nothwendig hemmen und ſtören würden. — Der Einwurf fällt weg, ſo bald man das atomiſtiſche oder mechaniſche Syſtem nicht zum Grunde des Emanationsſyſtems zu legen braucht. 4) Die Sonne müßte durch den beſtändigen Ausfluß der Lichtſtrahlen von derſelben einen Abgang ihrer Maſſe erleiden, und wenn dieſe Verminderung der Sonne noch 5000 Jahre unmerklich ſeyn ſollte, ſo müßte die Dichtigkeit der Lichtſtrahlen an der Erde eine Trillion mal geringer ſeyn, als die Dichtigkeit der Sonne, welches unbegreiflich ſey. — Hierauf aber läßt ſich doch wohl antworten, daß durch einen uns unbe-

kannten Kreislauf das Licht wieder zur Sonne, als ſeiner Quelle, gebunden oder frey zurückkehren kann, um als freyes Licht von da wieder ausgeſendet zu werden. Die Dünne des Lichts, die Euler berechnet, kann auch noch geringer ſeyn, ohne daß ſie deswegen einen Widerſpruch in ſich ſelbſt enthielte. Eine gleiche Bewandtniß hat es 5) mit der unbegreiflichen Geſchwindigkeit, die, nach dem Emanationsſyſteme, das Licht in ſeiner Bewegung haben müßte. Endlich 6) der Einwurf, daß die durchſichtigen Körper alle nach geradlinigen Gängen ſo durchbohrt ſeyn müßten, daß für die undurchdringliche Materie derſelben kein Raum übrig bleibe, iſt ebenfalls wieder von einer bloß atomiſtiſchen Vorſtellungsart hergenommen, und kann bey der Annahme einer chemiſchen Durchdringung ganz und gar nicht Statt finden. — Dagegen läßt ſich auf der andern Seite gegen die Euleriſche Theorie vom Aether ſelbſt anführen: 1) Daß dabey ein Weſen angenommen wird, deſſen Daſeyn ganz nur fingirt, nicht erwieſen iſt, und deſſen Exiſtenz ſo gar nicht einmal möglich iſt. Denn wenn er ein elaſtiſches oder expanſibeles Fluidum bildete, das nicht ſchwer iſt und auch von keiner andern Materie angezogen wird, ſo müßte er ſich durch ſeine Repulſions⸗kraft ins Unendliche zerſtreuen, d. h., es würde nirgends ein endliches Quantum deſſelben angetroffen werden, weil nichts iſt, was ſeiner Ausſpannungskraft Grenzen ſetzen könnte. Sollte er aber ein ſchweres elaſtiſches Fluidum bilden, wie die Luft, ſo würde freylich ſeine Beſchränkung möglich ſeyn: dann würden wir aber ſein Daſeyn durchs Gewicht entdecken müſſen; und davon lehren uns die Erfahrungen nichts. 2) Das Licht breitet ſich ganz anders aus als die Schallwellen; denn das Sonnenlicht, das durch eine Oeffnung in ein finſteres Zimmer fällt, müßte nicht bloß in der geraden Linie, die ſich von der Sonne durch die Oeffnung ziehen läßt, ſondern an allen Orten im Zimmer geſehen werden, ſo wie man den Schall vor der Oeffnung außer dem Zimmer in demſelben an allen Stellen hört.

§. 799. Der Zuſtand der Körper, worin ſie leuchten, iſt ſehr häufig mit dem verbunden, worin ſie erwärmen; oder Licht und Wärmeſtoff ſind ſehr häufig mit einander vereinigt. Dieſe Verbindung des Lichts mit Wärmeſtoff heißt **Feuer**; wie z. B. Sonnenfeuer, Küchenfeuer.

§. 800. Aus der ſehr oft Statt findenden Coexiſtenz des Lichts mit Wärmeſtoff folgt aber nicht ihre

Iden⸗

Identität; folgt nicht, daß auch der Wärmeſtoff die alleinige, objective Urſach des Leuchtens ſey. Der Wärmeſtoff afficirt nur unſer Gemeingefühl, das Licht nur unſer Geſicht; beyde müſſen alſo weſentlich verſchieden ſeyn, wie es auch ihre übrigen Erſcheinungen und die Geſetze ſind, die ſie befolgen. Wäre das Licht ſehr verdichteter Wärmeſtoff, ſo müßte nach einer ganz natürlichen Folge bey jedem Leuchten eine hohe Temperatur zugegen ſeyn, wogegen doch die Erfahrung ſpricht. Das Licht aber ſonſt für eine Modification des Wärmeſtoffs erklären, ohne eine modificirende Urſach dazu anzunehmen, heißt Wirkungen ohne Urſach behaupten.

§. 801. Wir ſehen, daß die Erleuchtung eines, auch von undurchſichtigen Materien eingeſchloſſenen, Raumes aufhört, wenn die Lichtquelle darin verliſcht, was nicht geſchehen würde, wenn das Licht, das darin einmal verbreitet iſt, dieſen Raum fortdauernd als expanſibeles Fluidum erfüllte; ferner lehren die im Vorhergehenden ſchon erwähnten Erfahrungen, daß von den verſchiedenen Körpern nicht alle Arten des farbigen Lichts, die zuſammen das weiße Licht machen, zurückgeworfen werden, und daß eben deshalb Körper Farbe zeigen können; endlich wiſſen wir, daß wir im Stande ſind, Körper, die an ſich nicht leuchtend ſind, in den Zuſtand zu verſetzen, Licht zu entwickeln, wie z. B. alle Brennmaterialien, wenn wir ſie anzünden. Aus allem dieſen folgt nun, daß das Licht und die verſchiedenen Arten deſſelben auch in einem Zuſtande ſeyn können, worin ſie nicht mehr eine expanſibele

panſibele Flüſſigkeit, und nicht mehr fähig ſind, das Organ des Geſichts zu rühren.

§. 802. Aus dem Umſtande nun, der durch die in der Folge näher anzuführenden Erfahrungen beſtätigt wird, daß in allen den Fällen, wenn aus Körpern Licht entwickelt werden ſoll, durchaus ein gewiſſer Grad von Wärme nöthig iſt, ſchließe ich, daß das Licht keine urſprünglich expanſibele Flüſſigkeit, ſondern daß ſeine Expanſibilität eine vom Wärmeſtoffe abgeleitete oder mitgetheilte, oder **daß das Licht aus einer, an ſich nicht expanſibelen, eigenthümlichen Baſis und dem Wärmeſtoffe zuſammengeſetzt ſey.**

§. 803. Dieſe eigenthümliche Baſis des Lichts, die in chemiſcher Vereinigung mit dem Wärmeſtoffe erſt das Licht macht und mit ihm eine ſpecifiſch verſchiedene Materie conſtituirt, welche vermögend iſt, das Organ des Geſichts ſo zu afficiren, wie es der Wärmeſtoff allein nicht zu thun im Stande iſt, muß durch einen eigenen Nahmen unterſchieden werden, und ich nenne ſie **Brennſtoff** oder **Phlogiſton**.

Freylich ſollte ich mich fürchten, dieſen Nahmen zu brauchen, da er für gewiſſe Leute ſchon allein ein hinreichender Grund ſeyn könnte, über mein ganzes Buch das Urtheil der Verwerfung auszuſprechen. Aber das Urtheil ſolcher Leute, die ſich durch bloße Autoritäten beſtimmen laſſen, wie ein Ketzergericht, das kümmert mich nicht.

§. 804. Aus dieſem Satze nun, daß das Licht eine aus Brennſtoff und Wärmeſtoff zuſammengeſetzte Flüſſigkeit ſey, läßt ſich eine Menge von Erſcheinungen des Lichts und Feuers erklären, die ſonſt ganz unerklärt bleiben müßten.

§. 805. Wenn aus der Zuſammenſetzung des Brennſtoffes mit Wärmeſtoff ein für unſer Geſichtsorgan bemerkbares leuchtendes Product entſpringen ſoll, ſo muß ein gewiſſes quantitatives Verhältniß des erſtern zum letztern in der Zuſammenſetzung Statt finden.

Es iſt gleichwohl möglich, daß Wärmeſtoff, der nicht genug Brennſtoff enthält, um vom menſchlichen Geſichtsorgane noch als Licht empfunden zu werden, für andere Thiergattungen doch noch Licht iſt.

§. 806. Die verſchiedenen Arten des farbigen Lichts, vom weißen bis zum violetten Lichte, rühren von dem verſchiedenen Verhältniſſe des Brennſtoffes zum Wärmeſtoffe, nach unzähligen Abſtufungen deſſelben, in der Zuſammenſetzung zum Lichte, her. Verſuche, um dieſes Miſchungsverhältniß in dem farbigen Lichte des Prisma auszumitteln, hat Hr. **Voigt** angeſtellt.

Beobachtungen und Verſuche über farbiges Licht, Farben und ihre Miſchung, von Joh. Gottfr. Voigt; in Grens neuem Journ. der Phyſ. B. III. S. 235. ff.

§. 807. Das Licht hört auf, vom Organe des Geſichts empfunden zu werden, nicht allein, wenn ſeine Intenſität bis auf einen gewiſſen Grad abnimmt, ſondern auch, wenn das Verhältniß des Brennſtoffes zum Wärmeſtoffe darin bis auf eine gewiſſe Grenze vermindert worden iſt, wo es ſich uns dann bloß noch als reiner Wärmeſtoff offenbaren kann.

§. 808. Das Licht kann ganz **zerſetzt** und kann wieder **zuſammengeſetzt** werden; es kann ferner **verändert** werden oder in eine andere Art des farbigen

lichts übergehen, wenn das Verhältniß ſeiner Beſtandtheile geändert wird.

§. 809. Das Licht wird zerſetzt, wenn ſeine Baſis durch Anziehung anderer Subſtanzen dagegen vom Wärmeſtoffe getrennt wird, und dieſer folglich allein als reiner, freyer Wärmeſtoff übrig bleibt, der nicht mehr leuchtend iſt.

§. 810. Das Licht kann aber auch dadurch aufhören, leuchtend zu ſeyn, wenn es, ohne zerſetzt zu werden, ſeiner ganzen Zuſammenſetzung nach durch Anziehung anderer Materien dazu, aufhört, expanſibele Flüſſigkeit zu ſeyn, oder figirt wird.

§. 811. Wenn das Licht andere Materien, durch die Anziehung derſelben dagegen, durchdringt, ohne in ſeiner Zuſammenſetzung aufgehoben oder verändert zu werden, ſo ſind dieſe Materien durchſcheinend oder durchſichtig und farbenlos.

§. 812. Da aber dieſe farbenloſen durchſichtigen Materien gegen die ſpecifiſch verſchiedenen Arten des farbigen Lichts nicht gleiche Anziehung beſitzen, ſo verurſachen ſie auch eine Abſonderung des farbigen Lichts aus weißem Lichte bey der Brechung. (§. 732.)

§. 813. Die Körper werfen das Licht zurück, das ſie weder durch ihre Anziehung zur Baſis deſſelben, zerſetzen (§. 809.), noch ſonſt figiren (§. 810.), noch ſonſt unzerſetzt, aus Mangel der Anziehung dagegen, durchlaſſen (§. 811.).

§. 814. Nun läßt ſich auch näher beſtimmen, wie die Körper, der eben (§§. 802. 813.) angeführten Theorie gemäß, **Farben** zeigen. Eine jede Art des farbigen Lichts ſetzt ein anderes Miſchungsverhältniß ſeiner Ingredienzien oder Grundſtoffe voraus (§. 806.). Ein Körper erſcheint daher gefärbt, ungeachtet er durch weißes Licht erleuchtet wird, wenn er die Zuſammenſetzung des Lichts, durch Anziehung eines Antheils der Baſis deſſelben, nur zum Theil, nicht ganz aufhebt, oder dadurch das Miſchungsverhältniß der Beſtandtheile des Lichts abändert, und dieſes ſo abgeänderte Licht reflectirt. Er erſcheint z. B. roth, wenn er aus dem auf ihn fallenden weißen Lichte durch Anziehung zur Baſis deſſelben ſo viel von letzterer trennt, daß das Verhältniß des noch mit dem Wärmeſtoffe verbundenen Antheils Brennſtoff zu dieſem, dem Wärmeſtoffe, in dem zurückſtrahlenden Lichte ſich ſo verhält, wie im rothen Lichte. Ein Körper iſt **ſchwarz**, wenn er das auf ihn fallende Licht ganz zerſetzt und alle Lichtbaſis vom Wärmeſtoffe trennt, ſo daß dieſer nur allein übrig bleibt.

§. 815. Hiermit ſteht denn nun auch eine Thatſache in unmittelbarem Zuſammenhange, daß nämlich die verſchiedentlich gefärbten Körper bey gleichem Einfluſſe des Sonnenfeuers darauf nicht gleich ſtark und gleich ſchnell erwärmt werden. So iſt es bekannt, daß ſchwarze und dunkel gefärbte Körper von den Sonnenſtrahlen ſtärker erhitzt werden, als weiße und hell gefärbte derſelbigen Art. Zwey harmonirende Thermometer, wovon die Kugel des einen durch

Rauch

Rauch geſchwärzt worden, die des andern aber rein gelaſſen iſt, den Sonnenſtrahlen unter einerley Umſtänden ausgeſetzt, werden nicht gleichförmig erhitzt werden; das geſchwärzte wird eine höhere Temperatur anzeigen, als das reine. Verſuche über dieſe ungleiche Erwärmung verſchiedentlich gefärbter, und ſchwarzer und weißer Körper bey gleicher Intenſität des darauf fallenden Sonnenfeuers haben **Muſchenbroek, Franklin, Sauſſure** und **Pictet** angeſtellt. — Je mehr nämlich die Körper durch ihre Anziehung zum Brennſtoffe das Licht zerſetzen, je mehr ſondern ſie reinen Wärmeſtoff aus dem Lichte ab, je mehr verändern ſie ſeine Action, zu erleuchten, in die zu erwärmen. Körper, welche das Licht ganz, ohne zerſetzt zu werden, durchdringt, und die, welche es unzerſetzt reflectiren, können daher nur in ſo fern erwärmt werden, als beym Lichte freyer Wärmeſtoff iſt. — Die verſchiedentliche Leitungskraft der verſchiedenen Körper von einerley Farbe für den Wärmeſtoff kann übrigens die Reſultate, von welchen hier die Rede iſt, abändern.

Muſchenbroek introd. ad philoſ. natural. T. II. §. 1620. ff. *Franklin* Letters on philoſophical ſubjects. S. 56. Pictets Verſ. über das Feuer, §. 183. ff. Von Sauſſure's Reiſe durch die Alpen, Th. IV. §. 932. S. 109.

§. 816. Das Feuer, es ſey Sonnenfeuer oder Küchenfeuer, erhitzt demnach die ſeinem Einfluſſe ausgeſetzten Körper nicht allein nach Maaßgabe des freyen Wärmeſtoffes, der dabey iſt, ſondern auch nach Maaßgabe der ſtärkern oder ſchwächern Zerſetzung ſeines Lichts, die es von dieſen Körpern erleidet; und man ſieht leicht, daß die Erhitzung auf letztere Weiſe

von

von der Natur der Körper oder von ihrer Anziehung zur Baſis des Lichts abhängig iſt.

§. 817. Jetzt erhellet nun auch, wie durch Verdichtung des Sonnenlichts die Fähigkeit deſſelben vermehrt wird, Hitze zuwege zu bringen, die Anwendbarkeit der Hohlſpiegel zu **Brennſpiegeln** (Specula cauſtica, uſtoria, ardentia), und der erhabenen Linſen zu **Brenngläſern** (Vitra cauſtica, uſtoria), und die Urſach von der Benennung des **Brennpunctes** (Focus) bey Hohlſpiegeln (§. 673.) und erhabenen Linſengläſern (§. 707.).

§. 818. Wie durch die Reflexion des Lichts der Sonne von Hohlſpiegeln im Brennpuncte derſelben Verdichtung des Sonnenlichts entſtehen müſſe, iſt aus dem Vorigen (§. 673.) bekannt. Ein ſphäriſcher Hohlſpiegel kann nie alle Sonnenſtrahlen, die auf ihn fallen, in einen Punct, ſondern ſie nur in einen engern Raum vereinigen (§. 673.), ſo daß der ſphäriſche Sector, der von den reflectirten Strahlen gebildet wird, ſich nicht in eine Spitze, ſondern in eine Kreisfläche endigt, und alſo der Brennpunct eigentlich eine Kreisfläche iſt, deſſen Abſtand vom Spiegel von der Größe und Krümmung der Sphäre abhängt, von welcher die Spiegelfläche ein Theil iſt. Da die reflectirten Strahlen deſto früher die Achſe des Spiegels ſchneiden, je weiter ſie von der Achſe des Spiegels auf ihn treffen, ſo iſt es überflüſſig, einem Brennſpiegel eine große Sehne zu geben, und gemeiniglich mißt ſie nur 60 Grade. Wenn nun der

Brenn-

Brennſpiegel, deſſen Achſe genau gegen den Mittelpunct der Sonnenſcheibe gerichtet iſt, alles Sonnenfeuer reflectirte, das auf ihn fällt, ſo würde die Intenſität des Sonnenfeuers in ſeinem Brennraume ſich zur Intenſität des Sonnenfeuers auf ſeiner Fläche wie das Quadrat des Durchmeſſers des Spiegels zum Quadrate des Durchmeſſers des kreisförmigen Brennraumes verhalten. Da indeſſen kein Spiegel ein vollkommener Spiegel iſt (§. 678.), ſo muß die Intenſität des Feuers im Brennraume immer kleiner ſeyn, als nach dieſer Berechnung. Gleichwohl iſt die Hitze, die große Brennſpiegel in ihrem Brennraume hervorbringen können, die größeſte, die wir zu erreichen im Stande ſind. Beyſpiele großer Brennſpiegel ſind der **Villettiſche** und **Tſchirnhauſenſche**. Die Materie dazu kann mannigfaltig ſeyn, falls ſie nur die gehörige Form und Politur annimmt und die Sonnenſtrahlen gut zurückwirft. Gemeiniglich macht man ſie von Metall. Auch ein convexes Linſenglas auf der erhabenen Seite belegt giebt einen Brennſpiegel. Wenn der Brennſpiegel die gehörige Wirkung thun ſoll, ſo muß ſeine Achſe genau gegen den Mittelpunct der Sonne gekehrt ſeyn, und dies iſt der Fall, wenn ſich das Bild der Sonne auf einer Ebene, die die Achſe des Spiegels lothrecht ſchneidet, völlig kreisrund abbildet. Dieſe Lage des Brennraumes macht daher manche Verſuche mit dem Brennſpiegel unbequem. Wegen des Sonnenlaufes und der daher entſtehenden Verrückung des Brennraumes muß man dem Spiegel außer der nöthigen verticalen Bewegung auch die horizon-

tale

tale leicht geben können. Auch mehrere Planſpiegel können als Brennſpiegel dienen, wenn man ſie ſo richtet, daß ſie die aufgefangenen Sonnenſtrahlen alle auf Eine Stelle werfen. **Büffon** hat dieſen Gedanken ſehr glücklich ausgeführt. — Paraboliſche Hohlſpiegel ſind übrigens die vollkommenſten Brennſpiegel.

Muſchenbroek a. a. O. §. 1623. ff. D. Joſ. Prieſtley's Geſchichte und gegenwärtiger Zuſtand der Optik. a. d. Engl. überſ. mit Anm. von Ge. Sim. Klügel. Leipz. 1776. 4. S. 171. 174. 101. ff. *Büffon* in den *Mém. de l'ac. roy. des ſc. de Paris*, 1747. S. 82. ff. 1748. S. 305. *Courtivron*, ebendaſ. 1747. S. 449. ff. Hamburgiſches Magazin, B. V. S. 269. B. XIV. S. 563. B. XVI. S. 313.

§. 819. Bequemer als die Brennſpiegel (§. 818.) ſind die **Brenngläſer**, wozu man die biconvexen Glaslinſen (§. 705.) anwendet. Ihre Wirkung, die Sonnenſtrahlen zu verdichten, läßt ſich aus dem, was oben (§. 707.) vorgetragen worden iſt, erklären. Weil aber nicht alles Sonnenfeuer, das auf ſie fällt, auch durch ſie geht, ſo iſt auch ihre Wirkung bey gleicher Breite mit den Brennſpiegeln kleiner. Wegen der Abweichung der Strahlen, die bey der Brechung von der Geſtalt des Glaſes herrührt (§. 709.), iſt es auch unnütz, den Brenngläſern eine Breite über 60 Gr. zu geben. Man ſieht leicht, daß ſie in dieſer Hinſicht um deſto größer oder von deſto größerm Durchmeſſer ſeyn können, je größer der Radius ihrer Krümmung iſt. Da ihr Brennraum, wie aus der Strahlenbrechung in dieſen Gläſern bekannt iſt (§. 709.), kein Punct iſt, ſondern noch eine merkliche Breite hat, ſo ſucht man dieſen bey großen Brenngläſern

gläſern noch durch ein zweytes Glas, das **Collectivglas**, das mit dem erſtern genau auf einerley Achſe ſteht, in einen kleinern Brennraum zu verdichten. Man ſtellt das Brennglas ſo, daß ſeine Achſe immer genau gegen den Mittelpunct der Sonne gekehrt iſt, zu welchem Ende man ihm ſo wohl eine horizontale als verticale Bewegung muß geben können. Die Gluth in dem Brennraume großer Brenngläſer kann den heftigſten Grad erreichen. Beyſpiele großer, ſehr wirkſamer Brenngläſer ſind die Tſchirnhauſenſchen, wovon das größere 33 Zoll (pariſ.) im Durchmeſſer, und 12 F. Brennweite hatte. — Auch durch Verbindung zweyer Hohlgläſer, deren Zwiſchenraum mit einer durchſichtigen Flüſſigkeit, wie z. B. Waſſer, Terpenthinöl, ausgefüllt iſt, laſſen ſich Brenngläſer darſtellen, wovon das ſo genannte **Troudainiſche** ein Beyſpiel iſt. Erfahrungen über die große Hitze in dem Brennraume ſo wohl eines großen Tſchirnhauſenſchen als des Troudainiſchen Brennglaſes erzählt **Macquer**. — Auch Glaskugeln mit Waſſer gefüllt können Brenngläſer abgeben.

Pet. Joſ. Macquers chymiſches Wörterbuch, überſ. von Leonhardi, Th. I. S. 454.

§. 820. Der freye Wärmeſtoff, der beym Sonnenlichte iſt, kann, wie das Licht, durch Brennſpiegel convergirend zurückgeworfen werden (§. 545.); ob er aber auch mit dem Lichte in den Brenngläſern gebrochen werde, das iſt noch nicht genau ausgemacht. So viel iſt gewiß, daß das Glas im Stande iſt, den freyen Wärmeſtoff beym Lichte, durch ſeine Anzie-

Anziehung dazu, zum Theil abzuſondern. Weil beym Küchenfeuer das Verhältniß des Lichts zum Wärmeſtoffe weit geringer iſt, als im Sonnenfeuer, ſo erhellet auch der Grund, warum man ſich durch eine vor das Geſicht gehaltene Glastafel eine Zeit lang vor der Gluth des Kaminfeuers, nicht aber des Sonnenfeuers, ſchützen könne.

§. 821. Vielleicht iſt das Verhältniß des freyen Wärmeſtoffes zum Lichte im Sonnenfeuer nur ſehr geringe; und daraus ließe ſich erklären, warum die Sonnenſtrahlen bey ihrem Durchgange durch die Luft, die nur wenig Licht zerſetzt, die Luft ſelbſt nur wenig erwärmen könne. In der Zerſetzung des Sonnenlichts durch den Erdboden und die Körper darauf, iſt auch wohl der vorzüglichſte Grund zu ſuchen, warum die niedrigern Gegenden der Atmoſphäre an der Erdfläche eine höhere Temperatur, als die höhern Regionen derſelben haben.

§. 822. Billig kann man nun fragen: Was wird aus der Baſis des Lichts, wenn dieſes durch andere Körper zerſetzt und der Wärmeſtoff davon geſchieden wird? Die Erfahrung lehrt, daß wir Licht aus unzähligen Körpern, die an ſich nicht leuchtend ſind, auf mannigfaltige Weiſe entwickeln und ſie ſo zu urſprünglich leuchtenden Körpern machen können; und zwar können wir drey Arten dieſer Lichtentwickelung aus Körpern unterſcheiden, nämlich: 1) das **Verbrennen** verbrennlicher Subſtanzen; 2) das **Leuchten** unverbrennlicher Stoffe, oder auch verbrennlicher,

licher, ohne Verbrennen; und 3) die **Electricität.** In allen dieſen Fällen wird das Licht, das dabey zum Vorſcheine kommt, erſt zuſammengeſetzt und erzeugt, aus ſeiner Baſis, oder dem Brennſtoffe, und dem Wärmeſtoffe; und es ergiebt ſich daraus die Antwort auf die vorſtehende Frage: daß das Licht bey ſeiner Zerſetzung oder ſo genannten Einſaugung theils durch chemiſche Verbindung ſeiner Baſis mit gewiſſen andern Stoffen ſie zu verbrennlichen mache; theils durch bloße Adhäſion dieſer Baſis an andere Subſtanzen ſie in den Stand ſetze, durch bloße Erhitzung, ohne eigentliches Verbrennen, Licht zu entwickeln; theils endlich zur electriſchen Materie werde.

§. 823. Das **Verbrennen** (Combuſtio) entzündlicher Körper (§. 822.) iſt Erzeugung von Feuer durch Zerſetzung des Sauerſtoffgas, oder allgemeiner, durch Aufnahme des Sauerſtoffes von der verbrennlichen Subſtanz. Dieſe Art der Erzeugung des Lichts und der Entwickelung des Wärmeſtoffes wird im folgenden Abſchnitte näher unterſucht werden. Die Erregung des Lichts durch **Electricität** (§. 822.) kann auch erſt in der Folge betrachtet werden. Es bleibt alſo hier nur die Erzeugung des Lichts durch bloße Erhitzung unverbrennlicher Körper, oder auch verbrennlicher, doch ohne Verbrennen derſelben, übrig. Hierher gehören als Beyſpiele die Funken, welche Glas, Feuerſtein, u. a., durch Erhitzung bey heftigem Reiben, z. B. an einem umlaufenden Mühlſteine, geben; das Licht, welches Feuerſteine, zwey Cacholonge, ſelbſt unter Waſſer gerieben, nach Herrn

Lichten-

Lichtenbergs Erfahrung, zeigen; das leuchten des mit wenigem Waſſer friſch gelöſchten Kalks im Dunkeln; das leuchten des **Hombergiſchen Phosphorus** aus ſalzigtſaurer Kalkerde beym Reiben; die Erſcheinung der ſo genannten **Lichtmagnete**, oder ſolcher **Leuchtſteine**, die erſt dem Tageslichte ausgeſetzt werden müſſen, wenn ſie im Dunkeln leuchten ſollen; das leuchten ſehr vieler Körper nach **Wedgwood's** Erfahrungen, wenn ſie bis auf einen gewiſſen Grad erwärmt worden ſind; das leuchten eines Gemenges von Schwefel und Kupferfeil beym Zuſammenſchmelzen mit Ausſchluß der luft nach van **Troſtwyk**, **Deiman** u. A. Das leuchten der Körper, das ein ſchwaches Verbrennen derſelben iſt, gehört nicht hierher. Das licht, das die Körper durch bloße Erhitzung oder Erwärmung, ohne eigentliches Verbrennen, zeigen, rührt von dem Brennſtoffe her, den ſie durch die Zerſetzung des lichts aufgenommen hatten, der aber nicht chemiſch damit verbunden zu ſeyn, ſondern ihnen nur zu adhäriren ſcheint, und daher durch eine höhere Temperatur ihnen wieder entzogen werden kann, indem er ſich dann wieder mit dem Wärmeſtoffe zum lichte verbindet und als ſolches austritt. Doch kann auch chemiſch gebundener Brennſtoff durch Veränderung der Miſchung, (wie z. B. beym Zuſammenſchmelzen des Schwefels mit Kupfer, beym löſchen des Kalks mit Waſſer,) und daher entſtehender Verminderung der Capacität der Materie zu demſelben, durch den Wärmeſtoff als licht ausgeſchieden werden.

Ueber das Leuchten verſchiedener Körper beym Erhitzen oder Aneinanderreiben, von Joſ. Wedgwood; in Grens Journ. der

der Phyſik, B. VII. S. 45. Verſuche über die Entzündung des Schwefels mit Metallen, ohne Gegenwart der Lebensluft, von Hrn. Deiman, Troſtwyk ꝛc.; in Crells chem. Annalen, 1793. B. II. S. 383. ff. *Iac. Bart. Beccarii* de quam plurimis phoſphoris nunc primum detectis commentarius; in den *comment. bononienſ.* T. II. P. II. S. 136. ff. P. III. S. 498. ff.; überſetzt im allgem. Magaz. der Natur, Kunſt und Wiſſenſchaften, Th. VI. S. 181. ff. Th. VII. S. 163. ff.

§. 824. Hierher gehört auch die leuchtende Hitze unverbrennlicher Subſtanzen durch **mitgetheiltes Glühen**. Wenn es, wie Einige annehmen, bloß daher rührte, daß dieſe Körper durch Erweiterung ihrer Poren in der Hitze das Licht frey durchließen, ſo müßte durch Entfernung derſelben aus dem Feuer ihr Glühen auch ſogleich aufhören; ſie behalten aber ihre leuchtende Hitze eine merkliche Zeit fort, und zwar mit veränderter Art des ausſtrömenden Lichts, wie man am beſten wahrnehmen kann, wenn man ihr Leuchten an einem dunkeln Orte beobachtet. Sie gehen beym allmähligen Erkalten vom Weisglühen bis zum dunkeln Rothglühen verſchiedene Nüancen des Lichts durch. Es iſt mir wahrſcheinlich: daß hierbey das Licht ſeiner ganzen Subſtanz nach, alſo ohne zerſetzt zu werden, von den Körpern angezogen werde und ihnen adhärire; daß die Capacität der Körper dazu in der höhern Temperatur zunehme; und daß ſie nun beym Erkalten es nach und nach wieder, wegen Abnahme ihrer Capacität dagegen, entlaſſen. — Vielleicht findet bey den vorher erwähnten ſo genannten Lichtmagneten (§. 823.) etwas Aehnliches Statt.

§. 825. Nach der bisher vorgetragenen Theorie von der Zuſammenſetzung des Lichts muß man alſo

daſſelbe

daſſelbe als ein vorzügliches Agens in der Natur betrachten. Sein Beytritt zu gewiſſen Stoffen verſchafft uns verbrennliche Subſtanzen, ändert die Miſchung unzähliger Materien, erzeugt die electriſche Materie der Körper. Wenn wir auch nur einige Aufmerkſamkeit auf die dem Einfluſſe des Lichts ausgeſetzten Körper werfen, ſo zeigt ſich ſehr bald, daß die Einwirkung deſſelben im Stande iſt, beträchtliche Veränderungen der Miſchung zuwege zu bringen. Die Nothwendigkeit des Lichts z. B. zum Gedeihen der Gewächſe iſt unläugbar. Pflanzen, die beym Ausſchluſſe von allem Lichte wachſen, werden bleich, verlieren ihre Farbe, und erhalten dieſe nach und nach wieder beym Einfluſſe des Lichts darauf. Alle keimende Pflanzen, wenn ſie erſt aus der Erde hervor an das Tageslicht treten, ſind weiß und ungefärbt, und werden erſt grün beym Einfluſſe des Lichts darauf; die innern Blätter der Kohl- und Lattigarten, die von den äußern gegen den Einfluß des Lichts gedeckt ſind, ſind wäſſerig, weiß und ungefärbt, und ſie erlangen erſt Farbe, wenn ſie ſich entfaltet haben. Die Erfahrungen des Hrn. von **Humboldt** können jene allgemeine Thatſache nicht umſtoßen, ſondern nur beweiſen, daß die Pflanzen ihren Brennſtoff auch außer dem Lichte aus andern Stoffen, beſonders aus gewiſſen Gasarten, zu ziehen im Stande ſind. Andere Beyſpiele von dieſem Einfluſſe des Lichts werden in der Folge hier und da noch näher in Betracht kommen.

F. A. von Humboldt Aphorismen aus der chemiſchen Phyſiologie der Pflanzen. Leipzig 1794. 8. Grens ſyſtem. Handb. der Chemie, Th. I. §. 1384. ff.

Drit-

Drittes Hauptſtück.

Schwere einfache Stoffe und ihre Verbindungen.

Erſcheinungen des Verbrennens in atmoſphäriſcher Luft.

§. 826.

Die merkwürdigſte Art der Erzeugung des Lichts und des Feuers iſt das **Verbrennen** (§. 823.), wovon wir die begleitenden Umſtände hier noch näher zu unterſuchen haben.

§. 827. Man nehme einen offenen Glascylinder, der mit einem eingeriebenen Stöpſel luftdicht verſchloſſen werden kann, ſtelle ihn offen in eine Schaale mit Queckſilber, ſo daß er tief genug darin ſteht, etwa zur Hälfte ſeiner Höhe; man verſtopfe ihn genau, und merke ſich die Höhe des Queckſilbers in ihm genau durch ein angebrachtes Zeichen. Man laſſe hierauf ein Stückchen Phosphor unter den Cylinder treten, (auf 9 Cubikzoll eingeſchloſſener Luft wenigſtens 1 Gran,) und zünde ihn vermittelſt eines Brennglaſes durch Sonnenfeuer an. Er verbrennt mit Flamme und vielem weißen Rauche. Anfangs wird die Luft durch die entſtehende Hitze ausgedehnt, und deshalb muß der Cylinder tief genug im Queckſilber

ſtehen,

ſtehen, damit nichts von derſelben entwiſchen kann; ihr Volum nimmt aber bald ab, und das Queckſilber ſteigt über das gemachte Zeichen in dem Cylinder durch den Druck der äußern Luft empor. Nachdem alles erkaltet und auf die vorige Temperatur zurückgebracht iſt, ſo findet man die rückſtändige Luft um ein Merkliches in ihrem Volum vermindert, ſo daß bey genau angeſtellter Meſſung etwa 0,25 bis 0,27 ihres vorigen Volums fehlen. Wenn die Luft und das Queckſilber recht trocken waren, ſo findet man die Fläche des Queckſilbers und des Cylinders mit einem weißen Salze bedeckt, das ſauer ſchmeckt, ſich leicht im Waſſer auflöſ't und an der freyen Luft zu einer ſauern Flüſſigkeit zerfließt. Es iſt Phosphorſäure, und ſie wiegt, noch ehe ſie zerfließt, mehr als der Antheil Phosphor, der dabey verbrannt iſt, dergeſtalt, daß jeder Gran Phosphor beym gänzlichen Verbrennen etwa $2\frac{1}{2}$ Gran dieſer trockenen Säure liefert. In 12 Cubikzoll (pariſ.) atmoſphäriſcher Luft kann man etwa 1 Gr. (franz.) Phosphor verbrennen; die Luft nimmt dabey etwa um 3 Cubikzoll oder $1\frac{1}{2}$ Gran ab, und dieſe Abnahme correſpondirt der Zunahme des Gewichts der erzeugten Phosphorſäure. Die bey dieſem Prozeſſe übrig bleibende Luft iſt zum fernern Verbrennen des Phosphors ſo wohl als jedes andern verbrennlichen Körpers unfähig; auch erſticken Thiere darin.

Lavoiſier traité élèmentaire de Chimie, T. I. p. 58 — 66.

§. 828. Dieſe Erſcheinungen (§. 827.) finden bey allem und jedem Verbrennen Statt, und ſo laſſen

ſich

ſich folgende Umſtände als ganz allgemein feſtſetzen:

1) Zur Entzündung jedes verbrennlichen Körpers iſt ein gewiſſer Grad von Erhitzung deſſelben nöthig, der nach der Natur deſſelben größer oder geringer iſt.

Wenn z. B. Phosphor entzündet werden und verbrennen ſoll, ſo muß er wenigſtens erſt 30° R. erhitzt ſeyn; Schwefel fängt erſt an zu brennen, wenn er über ſeinen Schmelzpunct erhitzt iſt; Kohle muß bis zum Glühen erhitzt ſeyn.

2) Beym Ausſchluſſe der atmoſphäriſchen Luft geſchieht kein Verbrennen; und es geſchieht um deſto lebhafter, je mehr ihr Zutritt befördert wird.

Wir vermehren daher das Verbrennen und verſtärken die Gluth, je mehr wir den Luftzugang zum brennenden Körper befördern. Dies beweiſet die Wirkung des Löthrohres, der Blaſebalge und anderer Arten des Gebläſes, des beſchleunigten Luftzugs der Windöfen, und endlich die Argandſche Lampe.

3) In einer gegebenen Menge von atmoſphäriſcher Luft kann nur eine gewiſſe Menge des verbrennlichen Körpers verbrennen.

So kann z. B. in 12 Cubikz. (pariſ.) atmoſphäriſcher Luft etwa nur 1 Gr. (pariſ.) Phosphor verbrennen; der übrige bleibt unverbrannt übrig.

4) Die atmoſphäriſche Luft, worin ein Körper gehörig verbrannt worden iſt, iſt, bey gleichem Drucke und gleicher Temperatur, im Gewichte und Umfange vermindert, und hat die Fähigkeit verloren, zum fernern Verbrennen und zur Reſpiration für Thiere zu dienen.

5) Der verbrannte Rückſtand des Körpers, (er ſey nun feſt, oder tropfbar-flüſſig, oder bilde

ein elaſtiſches Fluidum,) wiegt um ſo viel mehr, als das Gewicht des verſchwundenen Antheils der atmoſphäriſchen Luft beträgt.

Zuſammenſetzung der atmoſphäriſchen Luft.

§. 829. Offenbar iſt alſo unſere **atmoſphäriſche Luft**, (die wir hier von der **Atmoſphäre** ſelbſt unterſcheiden,) aus zwey verſchiedenen Luftarten zuſammengeſetzt: aus einer, die allein das Verbrennen zu unterhalten fähig iſt, die beym Acte des Verbrennens ſelbſt zerſetzt wird, die allein zu den Functionen der Reſpiration für Thiere fähig iſt, die höchſtens etwa 0,27 der atmoſphäriſchen Luft ausmacht, und die wir durch den Namen der **Lebensluft** (Aër vitalis), oder des **Sauerſtoffgas** (Gas oxicum), (aus Gründen, die ſogleich erhellen werden,) unterſcheiden; und dann aus einer andern Luftart, die nicht zur Unterhaltung des Verbrennens geſchickt iſt, worin Thiere erſticken, die wenigſtens etwa 0,73 Theile darin beträgt, und die den Namen des **Stickgas** (Gas azotum) erhalten hat.

§. 830. Dieſe beyden Gasarten finden ſich aber in der atmoſphäriſchen Luft nicht an allen Orten und nicht immer in gleichem Verhältniſſe, indem in und an der Atmoſphäre beſtändig ſolche Prozeſſe vorgehen, wobey die Lebensluft (§. 829.) zerſtört und zerſetzt; andere, wobey ſie erzeugt und hervorgebracht wird.

Carl Wilhelm Scheele chemiſche Abhandlung von Luft und Feuer. Leipzig 1782. 8. Lavoiſier a. a. O. S. 33. ff.

Sauer-

Sauerſtoffgas. Sauerſtoff.

§. 831. Einige Subſtanzen, welche das Sauerſtoffgas der atmoſphäriſchen Luft in der Hitze zerſetzen und die Grundlage derſelben in ſich nehmen, entlaſſen dieſe letztere wieder in einer ſtärkern Hitze des Glühens, wie z. B. das Queckſilber, ſo daß man dadurch im Stande iſt, dieſen Beſtandtheil der atmoſphäriſchen Luft vom Stickgas abgeſondert für ſich darzuſtellen. Sonſt kann man noch aus vielen andern Körpern in der Glühehitze das Sauerſtoffgas reichlich gewinnen, wie z. B. aus Salpeter und dem Braunſteine (dem natürlichen Magneſiumkalke). Wir wollen hier den letztern dazu wählen.

§. 832. Man fülle eine kleine irdene Retorte mit reinem gepulverten Braunſteine, kütte an die Mündung ihres Halſes eine blecherne Röhre luftdicht an, lege die Retorte in einen Windofen, bringe die Mündung der Röhre unter den Trichter der mit Waſſer gefüllten Wanne des pneumatiſchen Apparats (§. 609.), und erhitze die Retorte allmählig und ſtufenweiſe bis zum Glühen. Erſt geht die atmoſphäriſche Luft der Gefäße über, beym Glühendwerden des Braunſteins aber entwickelt ſich die Lebensluft oder das Sauerſtoffgas, das ſich dadurch zu erkennen giebt, daß ein glimmender Holzſpan darin von ſelbſt zur Flamme ausbricht. Wenn keine Luft mehr kommt, nimmt man die Mündung der Röhre aus dem Waſſer, und läßt die Retorte erkalten.

§. 833. Dieſes Gas unterſcheidet ſich nun auffallend von der atmoſphäriſchen Luft, ob es gleich in einigen Eigenſchaften mit ihr überein kommt. Es iſt geſchmack- und geruchlos; wird vom Waſſer nicht zerſetzt; iſt etwas ſpecifiſch ſchwerer, als atmoſphäriſche Luft (§. 368. S. 253.); und iſt zur Reſpiration für Thiere und zur Unterhaltung des Verbrennens weit fähiger, als die letztere. Ein Thier erſtickt im eingeſchloſſenen Raume dieſer Luft viel ſpäter, als in einem gleich großen eingeſchloſſenen Raume von atmoſphäriſcher Luft. Ein verbrennlicher Körper, wenn er 4 Cubikfuß atmoſphäriſcher Luft zu ſeinem gänzlichen Verbrennen erfordern würde, hat nur Einen Cubikfuß Sauerſtoffgas dazu nöthig. Die Intenſität des Verbrennens, oder die Entwickelung des Feuers dabey, iſt weit ſtärker, als in atmoſphäriſcher Luft. Eine Wachskerze brennt darin mit hellerer und größerer Flamme und kniſterndem Geräuſche. Das glimmende Docht derſelben wird darin wieder zur Flamme erweckt. Zunderſchwamm, der ſonſt nur glimmt, brennt darin mit Flamme. Glühende Kohlen verzehren ſich darin weit ſchneller und brennen mit ſtärkerm Scheine. Eine zugeſpitzte ſtählerne Uhrfeder, die vorher an der Spitze glühend gemacht iſt, oder an welche man ein Stückchen angezündeten Zunderſchwamm geſteckt hat, verbrennt darin mit vielem Funkenſprühen. Beſonders ſtark und ungemein leuchtend aber iſt die Flamme des darin verbrennenden Phosphors. Durch ein Löthrohr auf die Flamme einer Kerze geleitet, kann man damit eine Hitze hervorbringen, welche

der

der Hitze großer Brenngläſer und Brennſpiegel gleich kommt.

Ingenhouſz vermiſchte Schriften, B. I. S. 201. ff. S. 365. ff. Des Hrn. von Humboldt Apparat, vermittelſt des Sauerſtoffgas in unterirdiſchen Gruben bey böſen Wettern und Schwaden derſelben zu reſpiriren und eine Lampe brennend zu erhalten. S. Crells chemiſche Annalen 1796. B. II. S. 99. ff. 195. ff.

§. 834. Man unternehme nun den Prozeß des Verbrennens des Phosphors im eingeſchloſſenen Raume dieſes Sauerſtoffgas auf dieſelbige Art, als in atmoſphäriſcher Luft (§. 827.). Man fülle zu dem Ende einen Cylinder mit Queckſilber in einer Schaale, und laſſe etwa die Hälfte ſeines Inhalts Sauerſtoffgas hinauftreten. Man bringe dann ein Stückchen Phosphor unter den Cylinder, das in dem Queckſilber emporſteigt und darauf ſchwimmt, man zünde es unter dem Cylinder vermittelſt eines Brennglaſes an. Wenn der Phosphor verbrannt iſt, bringe man wieder friſchen darunter, wiederhohle das Verbrennen, u. ſ. f. Man findet nun, daß hierbey alles eben ſo vorgeht, wie beym Verbrennen in atmoſphäriſcher Luft: nur mit dem Unterſchiede, daß die Stärke des Feuers dabey größer iſt; daß mehr Phosphor in gleichem Raume dieſes Gas verbrennen kann; und daß, wenn Phosphor zum Verbrennen genug da und das Sauerſtoffgas ganz rein iſt, die Luft ganz und total verſchwindet. Gewöhnlich findet man indeſſen einen geringen Rückſtand von Stickgas, das damit vermiſcht war. Die gebildete Phosphorſäure iſt hierbey von eben der Art, als beym Verbrennen in atmoſphäriſcher Luft, und wiegt ebenfalls, auch noch ehe

ſie

ſie zerfließt, und ſelbſt nach dem Ausglühen, mehr, als der dazu verwendete Phosphor. Dieſe Zunahme des Gewichts correſpondirt dem Gewichte des dabey verſchwundenen Sauerſtoffgas.

§. 835. Nach **Lavoiſiers** genauer Beſtimmung verſchwinden bey dieſer Operation durch das totale Verbrennen von 45 Gr. (franz.) Phosphor 138¾ Cubikz. (franz.) oder 69,375 Gr. Sauerſtoffgas, und es bilden ſich 114,375 Gr. feſte Phosphorſäure; oder 100 Theile Phosphor verzehren beym Verbrennen 154 Theile Sauerſtoffgas dem Gewichte nach, und geben dann 254 Theile feſte Phosphorſäure.

Lavoiſier a. a. O. S. 59. ff.

§. 836. So wohl das Verſchwinden des Sauerſtoffgas beym Verbrennen des Phosphors im eingeſchloſſenen Raume des erſtern, als ſeine Darſtellung aus dem Braunſteine durchs Glühen, beweiſen ſchon, daß es kein urſprünglich Elaſtiſch-flüſſiges (§. 132.), ſondern daß ſeine Form der Expanſibilität vom Wärmeſtoffe abgeleitet ſeyn müſſe. Es beſteht demnach das Sauerſtoffgas, wie jede Luftart (§. 602.), aus einer eigenthümlichen, ponderabelen, an ſich nicht elaſtiſchen, Baſis, und dem inponderabelen Wärmeſtoffe, der mit dieſer Baſis chemiſch verbunden iſt und ſie in eine elaſtiſche Flüſſigkeit verwandelt.

§. 837. Dieſer eigenthümlichen Baſis der Lebensluft hat man den Namen **Sauerſtoff** (Oxicum, Oxygenium, *Oxygène*) gegeben, weil mehrere verbrennliche Körper durchs Verbrennen in Lebensluft zu

Säuren

Säuren werden, und weil ſie ein Beſtandtheil aller Säuren iſt. Das Sauerſtoffgas oder die Lebensluft beſteht alſo aus Sauerſtoff und Wärmeſtoff.

§. 838. Im Braunſteine und andern feſten oder liquiden Körpern, aus denen wir das Sauerſtoffgas erhalten können, iſt nicht das Sauerſtoffgas ſelbſt, ſondern nur ſein ponderabeler Beſtandtheil, der Sauerſtoff, enthalten (§. 607.), aus deſſen chemiſcher Verbindung mit dem Wärmeſtoffe erſt Sauerſtoffgas erzeugt wird. Durch bloßes Glühen allein entläßt indeſſen der Braunſtein nicht allen Sauerſtoff.

§. 839. Der **Sauerſtoff** iſt für uns eine einfache Subſtanz, das heißt, wir können ihn nicht weiter in andere ungleichartige Stoffe zerlegen. Er iſt ferner für ſich nicht darſtellbar; denn ſo wie er auch frey würde, würde er ſich ſogleich mit dem zu jeder Zeit anweſenden freyen Wärmeſtoffe zum Sauerſtoffgas verbinden. Wir kennen ihn alſo nur aus ſeinen Zuſammenſetzungen mit andern ungleichartigen Materien. Er iſt übrigens ſehr ausgebreitet in der Natur vorhanden, und macht einen Beſtandtheil der atmoſphäriſchen Luft, des Waſſers, aller Säuren, aller Metallkalke und aller Gemengtheile der Körper des Pflanzen- und Thierreichs aus.

Den Satz, daß der Sauerſtoff nie frey in irgend einem Körper zugegen ſeyn kann, ſondern immer in chemiſcher Zuſammenſetzung mit andern Materien ſeyn müſſe, beherzigen viele Phyſiologen und Aerzte immer noch nicht gehörig, die ihn eine ſolche Rolle in den Körpern der Pflanzen und Thiere ſpielen laſſen, als ob er frey in ihnen enthalten ſey, und aus einem Stoffe in den andern frey übertrete, ohne chemiſche Zuſammenſetzung oder Zerſetzung dieſer Stoffe.

Theorie des Verbrennens.

§. 840. Stahl nahm zuerſt, auf Veranlaſſung von Becher, in den verbrennlichen Körpern das Daſeyn eines eigenthümlichen Weſens an, das er Phlogiston oder Brennſtoff nannte und das er als die Quelle des Feuers beym Verbrennen betrachtete. Den Einfluß der Luft beym Verbrennen, ihre Zerſetzung dabey, kannte Stahl gar nicht. Bey den weitern Fortſchritten in der Kenntniß dieſes Einfluſſes blieb man deſſen ungeachtet von der Nothwendigkeit der Annahme eines ſolchen Weſens überzeugt, änderte aber nach der Lage der Kenntniſſe von den das Verbrennen begleitenden Umſtänden die Vorſtellungen, wie der Brennſtoff Feuer erzeuge, verſchiedentlich ab.

Io. Ioach. Beccheri phyſica ſubterranea. Lipſ. 1703. 8. Specimen Beccherianum, exhib. *Geo. Ern. Stahl.* Lipſ. 1703. 8. Geo. Ernſt Stahls zufällige Gedanken und nützliche Bedenken über den Streit vom ſo genannten Sulphur. Halle 1747. 8.

§. 841. Die Entdeckung des Sauerſtoffgas, des Verſchwindens deſſelben beym Verbrennen aller Körper überhaupt, beſonders bey dem Verkalken der Metalle, und die Wiedererzeugung deſſelben aus dem Queckſilberkalke durch bloßes Glühen, ließ zuerſt an der Exiſtenz eines Brennſtoffes in verbrennlichen Körpern und Metallen, als Quelle des Feuers, zweifeln, und Hr. Lavoiſier hielt ſich ſo wohl durch dieſen, ſchon vor ihm von Scheele und Prieſtley gemachten, als durch andere von ihm angeſtellte, Beobachtungen und Verſuche berechtigt, die Annahme eines eigenen entzündlichen Grundſtoffes aufzugeben, die darauf gegründeten Vorſtellungsarten in der Chemie ganz zu verwer-

verwerfen, und ein neues Syſtem zu errichten, welches deshalb den Nahmen des antiphlogiſtiſchen Syſtems erhalten hat.

Mémoire ſur la combuſtion, par Mr. *Lavoiſier;* in den *Mém. de l'ac. roy. des ſc.* 1777. S. 592. ff., überſetzt in Crells neueſten Entdeck. Th. V. S. 188. Lavoiſiers Betrachtungen über das brennbare Weſen zur Entwickelung ſeiner Theorie vom Verbrennen und Verkalken; aus den *Mém. de l'ac. roy. des ſc.* 1783. S. 505. ff., überſ. in Crells chem. Annalen, 1789. B. II. S. 145. ff. *Lavoiſier* traité élémentaire de chimie. T. II. à Paris 1789. 8. Syntheſis oxygenii experimentis confirmata, edidit *Fr. Lud. Schurer.* Argentor. 1789. 4. Philoſophie chimique — par *A. F. Fourcroy.* à Paris 1792. 8. 1794. 8. Chemiſche Philoſophie, oder Grundwahrheiten der neuern Chemie, von *A. F. Fourcroy.* A. d. Franz. überſ. von *J. Sam. Traug. Gehler.* Leipz. 1796. 8.

§. 842. Nach dieſem Syſteme iſt ein verbrennlicher Körper ein ſolcher, der bey einer gewiſſen Temperatur das Vermögen beſitzt, den Sauerſtoff der Lebensluft ſtärker anzuziehen, als derſelbe vom Wärmeſtoffe darin angezogen wird. Die Lebensluft beſteht aber dieſem Syſteme zu Folge nicht bloß aus Sauerſtoff und Wärmeſtoff, ſondern enthält auch noch das Licht als Beſtandtheil. Wenn nun ein entzündlicher Körper, z. B. Phosphor, bey der zu ſeiner Entzündung nöthigen Temperatur in Sauerſtoffgas gebracht wird: ſo zieht er den Sauerſtoff daraus an und vereinigt ſich damit zu einem neuen Producte; ſo wird der Phosphor damit zur Phosphorſäure; das Sauerſtoffgas wird folglich zerſetzt und ſein gebundenes Licht und ſein gebundener Wärmeſtoff werden frey und bilden das Feuer, welches entweicht. Weil nun in vielen Fällen bey dem Verbrennen des verbrennlichen Körpers aus demſelben und dem Sauerſtoffe eine Säure

Säure gebildet wird, ſo iſt dies Veranlaſſung geweſen, die Baſis der Lebensluft **ſäureerzeugenden Stoff** oder **Sauerſtoff** (*Oxygène*) zu nennen; nicht deshalb, weil ſie an ſich ſauer ſey, ſondern weil ſie mit der **ſäurefähigen Grundlage** (Baſe acidifiable), wie in unſerm Falle mit dem Phosphor, erſt Säure erzeuge. In dem Falle aber, (der ſehr häufig iſt,) wenn die verbrennliche Subſtanz zwar Sauerſtoff aufnimmt, aber dadurch noch keine Säure wird, wie z. B. die mehreſten Metalle, nennt man das Product **Oxide**, das man durch **Halbſäure** überſetzt hat. Das Verbrennen heißt nach dieſem Syſteme deshalb auch eine **Oxigenirung** oder **Oxidirung**. Aus der Verbindung der verbrennlichen Subſtanz mit dem ponderabelen Sauerſtoffe folgt die Zunahme des Gewichts des verbrannten Rückſtandes, und wegen der Imponderabilität des Lichts und des Wärmeſtoffes die Uebereinſtimmung dieſer Zunahme mit dem Gewichte des verſchwundenen Antheils des Sauerſtoffgas. Das Verbrennen kann ferner nur ſo lange dauern, bis die verbrennliche Subſtanz mit Sauerſtoff geſättigt iſt. In der atmoſphäriſchen Luft hindert das Stickgas, womit das Sauerſtoffgas darin vermengt oder vermiſcht iſt, daß die Erſcheinungen des Verbrennens darin nicht mit der Lebhaftigkeit vor ſich gehen können, als im reinen Sauerſtoffgas. Da endlich das Stickgas vom verbrennlichen Körper nicht afficirt wird, ſo bleibt es als Rückſtand der atmoſphäriſchen Luft übrig. Der Sauerſtoff beſitzt übrigens gegen die verſchiedentlich gearteten Materien eine verſchie-

ſchiedentliche Verwandtſchaft, und kann daher auch aus einem Körper an den andern übertreten, gegen den er eine ſtärkere Verwandtſchaft beſitzt; und es kann ſolcher Geſtalt der verbrannte Körper wieder zum entzündlichen Körper gemacht oder desoxidirt werden.

§. 843. Nach dieſem Syſteme geſchieht alſo das Verbrennen verbrennlicher Subſtanzen in Sauerſtoffgas durch eine einfache Wahlverwandtſchaft, und die Quelle des Feuers iſt einzig und allein das Sauerſtoffgas; der verbrennliche Körper giebt dazu nichts her. Wenn man ganz unparteyiſch ſeyn will, ſo muß man geſtehen, daß nach dieſem Syſteme das Licht eine ganz überflüſſige Rolle ſpielt; daß es ganz wegfallen könnte, ohne daß das Syſtem dabey Eintrag litte; daß die Phänomene, wo Licht ohne allen Beytritt des Sauerſtoffgas aus verbrennlichen Körpern zum Vorſcheine kommt (§. 823.), damit im Widerſpruche ſtehen; daß darnach das Sauerſtoffgas der einzige und alleinige Behälter des Lichts iſt; und folglich von der Einſaugung des Lichts von andern Körpern, von der Entſtehung der Farben der Körper, von der Erzeugung der electriſchen Materie in den Körpern, die doch auch Licht ohne Beyhülfe des Sauerſtoffgas giebt, und von andern oben (§§. 814. 823.) angeführten Umſtänden keine Rechenſchaft gegeben werden kann. Um dieſe Lücken, welche das antiphlogiſtiſche Syſtem in Anſehung ſo vieler und wichtiger Erſcheinungen des Lichts läßt, zu ergänzen, müſſen wir, nach der im Vorhergehenden vorgetragenen

Lehre

lehre von der Zuſammenſetzung des Lichts (§§. 802. 813.), die Annahme eines eigenen Brennſtoffes in den verbrennlichen Körpern ſelbſt zu Hülfe nehmen, und alſo beyde Syſteme gewiſſer Maßen wieder vereinigen. Nach dieſem neuen Syſteme iſt nun zwar die Baſis des Lichts oder der Brennſtoff ein Beſtandtheil aller entzündlichen Körper; wenn wir aber auf denſelben, wegen ſeiner Imponderabilität, in chemiſcher Hinſicht ſo wenig achten wollen, als auf die electriſche Materie der Körper, ſo können wir auch die von der antiphlogiſtiſchen Chemie als chemiſch einfach angeſehenen entzündlichen Stoffe in dieſer Rückſicht als ſolche gelten laſſen, und können mithin auch die Sprache der Antiphlogiſtiker reden.

Das neue Syſtem nähert ſich in dieſer Hinſicht alſo, wie Kenner leicht einſehen werden, noch mehr dem antiphlogiſtiſchen, als in der Geſtalt, wie es Hr. Richter geliefert hat. Man ſehe: Ueber die neuern Gegenſtände der Chemie, von J. B. Richter. Breslau und Hirſchberg. St. III. 1793. 8.

§. 844. Nach dieſem neuen Syſteme iſt alſo ein verbrennlicher Körper ein ſolcher, der nicht nur die Baſis des Lichts enthält, ſondern auch Anziehung genug zum Sauerſtoffe beſitzt, um ihn dem Wärmeſtoffe in Sauerſtoffgas entziehen zu können. Ich will zur Erläuterung bey dem Phosphor als verbrennlicher Subſtanz ſtehen bleiben. Wird derſelbe im Sauerſtoffgas erhitzt, ſo wird dadurch ſeine Anziehung zum Brennſtoffe vermindert, ſo daß ſeine Anziehung zum Sauerſtoffe überwiegend werden kann. Nun geht alſo der Act ſeines Verbrennens an: der Phosphor zieht den Sauerſtoff des Sauerſtoffgas an

und

und bildet damit Phosphorſäure, während der Brennſtoff des Phosphors mit dem Wärmeſtoffe des Sauerſtoffgas das Licht und Feuer conſtituirt. Alles Uebrige erklärt ſich nun nach dieſem Syſteme, wie nach dem Vorigen (§. 843.). Die Desoxidirung eines verbrannten Körpers durch einen andern entzündlichen geſchieht durch eine doppelte Wahlverwandtſchaft, wobey der letztere dem erſtern den Sauerſtoff entzieht, dagegen aber Brennſtoff überläßt.

§. 845. Der Erfahrung zu Folge verbrennen die entzündlichen Körper entweder mit Flamme, oder mit bloßem Glühen. Die chemiſche Zergliederung zeigt, daß alle Körper, welche mit Flamme verbrennen, entweder ſelbſt flüchtig ſind, oder flüchtige Beſtandtheile haben, die durch die Hitze in Gas oder Dampf verwandelt werden. Die Flamme brennender Körper iſt demnach brennendes Gas oder brennender Dampf aus ihnen. Sonſt kann aber auch eine geringere Hitze machen, daß Körper bloß verglimmen, die ſonſt in ſtärkerer Hitze mit Flamme verbrennen würden, eben weil jene Hitze nicht zur Verflüchtigung der verbrennlichen flüchtigen Subſtanz hinreicht. Aus dem verſchiedenen quantitativen Verhältniſſe des Brennſtoffes zum Wärmeſtoffe bey ihrer Verbindung durchs Verbrennen (§. 844.) läßt ſich auch die verſchiedene Farbe der Flamme erklären.

Alcohol und Schwefel geben beym ſchwachen Verbrennen eine blaue Flamme; die Auflöſung der Boraxſäure in Alcohol brennt mit einer grünen; die Auflöſung der ſalzigtſauren Strontionerde in Alcohol mit einer rothen Flamme.

§. 846.

§. 846. Das Verbrennen verbrennlicher Subſtanzen kann wegen ermangelnder nöthiger Temperatur manchmal ſo ſchwach ſeyn und ſo langſam erfolgen, daß ſich dabey nur bloßes **Leuchten**, und zwar nur im Dunkeln, und auch da nicht einmal, zeigt. In dieſem Falle geſchieht die Zerſetzung des Sauerſtoffgas ſo langſam, daß die Erzeugung des Feuers dabey für jedes Moment der Beobachtung gar nicht, oder nur beym Ausſchluſſe des Tageslichts als leuchten wahrgenommen werden kann. Hierher gehört das **Leuchten des faulen Holzes**, des **Bologneſer Phosphorus** aus Schwerſpath, des **Cantonſchen Phosphorus** aus calcinirten Auſterſchaalen und Schwefel. Das **Verkalken** der Metalle in ſchwächerer Hitze iſt ein ſo ſchwaches Verbrennen, daß dabey auch nicht einmal im Dunkeln Licht wahrgenommen wird, ob es gleich in ſtärkerer Hitze in ſehr bemerkbares Verbrennen übergehen kann.

§. 847. Auch der gemeine Phosphor erleidet in einer Temperatur, die nicht bis zu ſeiner wirklichen Entzündung hinreichend iſt (§. 828.), in der atmoſphäriſchen Luft ein allmähliges und langſames Verbrennen, wobey das erzeugte Licht ſo ſchwach iſt, daß es bloß im Dunkeln wahrgenommen werden kann. Er zerfließt hierbey zu einer Säure, verzehrt das Sauerſtoffgas, und es geht hierbey alles eben ſo vor, wie bey ſeinem wirklichen Verbrennen. In ganz reinem Sauerſtoffgas leuchtet er nicht, wie Herr **Göttling** gefunden hat, wohl aber in dem mit Stickgas vermiſchten. Wenn er indeſſen in Stickgas leuchtet, ſo

iſt

iſt dies ein Zeichen, daß es noch etwas Sauerſtoff enthalte, oder noch nicht reines Stickgas ſey. Uebrigens iſt das Phänomen in Anſehung ſeiner Urſach denen ähnlich, wo eine einfache entzündliche Subſtanz für ſich allein in einer niedrigen Temperatur das Sauerſtoffgas nicht zerſetzt, es aber in Verbindung mit einer andern entzündlichen Subſtanz thut, wodurch ſeine Anziehung zum Sauerſtoffe vermehrt und die zum Brennſtoffe vermindert wird. Dies iſt hier der Fall bey der Verbindung des Phosphors mit Stickgas. Der Phosphor kann ſogar nach des Hrn. **van Marum** Entdeckung noch in einer ſehr ſtark verdünnten atmoſphäriſchen Luft leuchten, worin ſonſt kein eigentliches Verbrennen mehr vorgehen kann.

Beytrag zur Berichtigung der antiphlogiſtiſchen Chemie, auf Verſuche gegründet, von *J. F. A. Göttling*. Weimar 1794. 8. Ueber das Leuchten des Phosphors im atmoſphäriſchen Stickgas, — von *Scherer*, *Jäger* und *Pfaff*. Weimar 1795. 8. — Grens neues Journal der Phyſ. B. III. S. 325. ff. 329. ff. 330. ff.

Wahrnehmung über das Verbrennen des Phosphors in dem ſo genannten leeren Raume der Luftpumpe, von D. van Marum; in Grens neuem Journ. d. Phyſ. B. III. S. 96. ff.

§. 848. Wenn Materien zuſammen vermiſcht werden, die bey ihrer Einwirkung auf einander Wärmeſtoff in der nöthigen Menge entwickeln, und entzündliche Subſtanzen dabey ſind, ſo kann dadurch beym Zugange der atmoſphäriſchen Luft Selbſtentzündung entſtehen. Denn nun ſind die Bedingungen zum Verbrennen vorhanden.

Ein Beyſpiel giebt die Entzündung der Oehle durch rauchenden Salpetergeiſt. Man ſchütte ein Loth Terpenthinöhl in ein kegelförmiges Gefäß, miſche dazu ein halbes Loth ſtarkes Vitriolöhl, rühre es ſchnell mit einer Glasröhre um, und ſchütte dann ſogleich von ſtarker Salpeterſäure hinzu. Es entſteht

entſteht plötzlich eine lebhafte Selbſtentzündung mit einer lodernden Flamme.

§. 849. Wenn aber auch in Gemiſchen durch Verbindung und Zuſammentritt entzündlicher Beſtandtheile die Anziehung derſelben zum Sauerſtoffe verſtärkt, und ſonſt noch Wärmeſtoff darin frey gemacht wird, ſo können ſie dadurch ebenfalls in Selbſtentzündung gerathen. Beyſpiele geben:

1) **Hombergs Pyrophor** oder **Luftzünder**, aus gebranntem Alaun und Kohlenſtaub zuſammen gehörig calcinirt.

Grens ſyſtem. Handb. der Chemie. Halle 1794. Theil I. §. 619. ff.

2) Die Selbſtentzündung des angefeuchteten Gemenges aus **Eiſenfeil und Schwefelblumen.**

Baumé's erläuterte Experimentalchemie, Theil II. S. 679. ff.

3) Die Selbſtentzündung ſtark geröſteter noch heiß zuſammengepackter Rockenkleye, Cichorienwurzeln, u. dergl.; des Hanfes mit Leinöhl und Kienrüß, u. a. m.

Neue nordiſche Beyträge, B. III. S. 37. ff. Beytrag zur Geſchichte der Selbſtentzündungen und der ſo genannten Luftzünder, von Buchholz; in Crells chem. Annalen, 1784. B. I. S. 411. ff. S. 483. ff. Hacquet, ebendaſ. 1791. B. I. S. 303.

Eudiometer.

§. 850. Da die Fähigkeit der atmoſphäriſchen Luft, zur Erhaltung des thieriſchen Lebens beym Athmen zu dienen, lediglich und allein von dem darin befindlichen Antheile Sauerſtoffgas abhängt, und da mannigfaltige Prozeſſe, wodurch das Sauerſtoffgas

zerſetzt

zerſeßt oder gebildet wird, in und an der Atmoſphä- re vorgehen, und folglich der Gehalt derſelben an Lebensluft nicht an allen Orten und zu allen Zeiten gleich ſeyn kann, ſo muß es natürlicher Weiſe in- tereſſant ſeyn, den verhältnißmäßigen Antheil an Sauerſtoffgas in atmoſphäriſcher Luft ermeſſen und die davon abhängende Güte der Luft fürs Athmen er- fahren zu können. Man ſann darauf, ein Verfah- ren anzuwenden, wodurch man dieſen Zweck erreichen könnte, ſo bald man Mittel kennen gelernt hatte, das Sauerſtoffgas zu zerſeßen. Das Werkzeug, worin man die Zerſeßung des Sauerſtoffgas in einer darin befindlichen Menge von einer zu prüfenden Luft vor- nehmen, und ſo ihre Quantität meſſen kann, heißt ein Eudiometer oder Luftgütemeſſer. **Prieſtley** iſt der erſte Erfinder dieſes Inſtruments. Er ſchlug als Zerſeßungsmittel des Sauerſtoffgas dazu das in der Folge noch anzuführende Salpetergas vor. **Fontana** und Ingenhouſz haben das Werkzeug und die Ver- fahrungsart damit ſehr vervollkommnet. **Scheele** be- diente ſich dazu des allmähligen und langſamen Ver- brennens eines feuchten Gemenges von Eiſenfeil und Schwefel, auch des Schwefelalkali (der Schwefel- leber). Mit leßterer hat Morveau (Guyton) das Verfahren ſehr abgekürzt. **Lavoiſier**, **Seguin**, **Re- bou** empfehlen dazu das Verbrennen des Phosphors.

Prieſtley's Verſuche und Beobachtungen über verſchiedene Theile der Naturlehre, B. I. S. 6. *Fontana* deſcrizioni ed uſi di alcuni ſtromenti per miſurare la ſatubrità dell' aria. in Firenza 1774. 4.

Ingenhouſz Verſuche mit Pflanzen, S. 164. ff. Ebendeſſelben vermiſchte Schriften, Th. II. S. 27. ff. Joh. Andreas

Scherers Geſchichte der Luftgüteprüfungslehre, B. I. II. Wien 1785. 8.

Carl Wilhelm Scheelens Erfahrungen über die Menge der reinen Luft, die ſich in unſerer Atmoſphäre befindet; in ſeiner Abhandlung von Luft und Feuer. S. 269. ff. Beſchreibung eines neuen Eudiometers, von Guyton Morveau; in Grens neuem Journal der Phyſik, B. III. S. 138. ff.

Abhandlung über die Eudiometrie von Hrn. Seguin; in Grens Journal der Phyſik, B. VI. S. 48. ff. Beſchreibung eines atmoſphäriſchen Eudiometers von Heinrich Reboul; im neuen Journal der Phyſik, B. I. S. 374. ff.

§. 851. Nach allen meinen bisherigen Verſuchen muß ich das allmählige und langſame Verbrennen des Phosphors oder ſein Zerfließen in atmoſphäriſcher Luft (§. 847.) als das vollkommenſte eudiometriſche Mittel anſehen, auch den kleinſten Reſt des darin befindlichen Sauerſtoffgas zu zerſetzen. Es wirkt zwar langſam, gewährt aber auch deſto ſicherere Reſultate. Das Eudiometer damit läßt ſich auf folgende Art vorrichten. Man nimmt eine genau cylindriſche Glasröhre, die an dem einen Ende geſchloſſen, und von dieſem Ende an durch eine Scale in gleiche, hinlänglich kleine Theile ihres Inhalts abgetheilt iſt. Man füllt ſie mit deſtillirtem oder Regenwaſſer voll, läßt in einer Wanne mit Waſſer eine Quantität der zu prüfenden Luft hinauftreten, und merkt die Menge dieſer Luft bey beſtimmtem Barometer- und Thermometerſtande. Man ſteckt einige Nadeln durch einen Korkſtöpſel, der einen kleinern Durchmeſſer hat, als die Röhre, befeſtigt auf den hervorragenden Nadelſpitzen reinen und klaren Phosphor, und bringt unten an den Kork einen Zwirnsfaden an. Man bringt dieſen Kork unter die Mündung des

Glascylinders, wo er dann im Waſſer deſſelben aufſteigt, und der Phosphor auf demſelben mit der Luft des Cylinders in Berührung kommt. Man bringt den Apparat in ein ſchickliches Gefäß mit Waſſer, worin er ſtehen bleibt. Der Phosphor zerfließt nun allmählig unter Leuchten; und man kann von Zeit zu Zeit vermittelſt des Fadens den Kork unters Waſſer ziehen, um die dem Phosphor anhängende Säure abzuſpülen, und ihn ſo wieder deſto wirkſamer zu machen. Wenn endlich alles Sauerſtoffgas verzehrt und an dem noch rückſtändigen Phosphor kein Leuchten weiter im Dunkeln wahrzunehmen iſt, dann zieht man den Kork heraus, und beobachtet bey correſpondirendem Barometerdrucke und Wärmegrade die Menge des rückſtändigen Stickgas und des verzehrten Sauerſtoffgas.

§. 852. Ob man aber gleich durch dieſe eudiometriſchen Mittel die Menge der reſpirabelen Luft in einer Luftart mit Genauigkeit finden kann, ſo kann man doch die abſolute Güte und Heilſamkeit einer ſolchen Luft fürs Athemhohlen dadurch nicht beſtimmen. Noch viel nützlicher würde es ſeyn, wenn wir Mittel hätten, die auf unſere Geſundheit und auf die Functionen des Lebens nachtheiligen Einfluß habenden Beſtandtheile der Luft, die wir athmen und womit wir umgeben ſind, mit Sicherheit und Genauigkeit beſtimmen, und ſo ein **Kakometer** mit dem Eudiometer verbinden zu können.

§. 853. Das Brennen eines Körpers, wie z. B. einer Kerze, iſt ein ſicherer Beweis von dem Daſeyn

der nöthigen Menge der Lebensluft in einer zu prüfenden atmoſphäriſchen Luft, und man kann ſich deſſelben allerdings nützlich bedienen, um wenigſtens zu erfahren, ob die Luft, z. B. unterirdiſcher Gruben, Höhlen und Bergwerke, noch athembar iſt.

Salze.

§. 854. Ehe wir zur Unterſuchung der mannigfaltigen Verbindungen der verbrennlichen Subſtanzen mit dem Sauerſtoffe ſchreiten, iſt es nöthig, uns mit dem Charakter der Salze im Allgemeinen und ihrer Gattungen bekannt zu machen.

§. 855. Die Eigenſchaften, welche unſer **Küchenſalz** beſitzt, ſich im Waſſer auflöſen zu laſſen und auf der Zunge Geſchmack zu erregen, kommen noch mehrern andern Körpern zu, die wir deswegen auch **Salze** (Salia, Sales) nennen. Um ſie indeſſen von andern Körperarten, z. B. von einigen Erden, zu unterſcheiden, die wir nicht zu den Salzen rechnen, müſſen wir den Charakter der Salze näher dahin beſtimmen, daß es Materien ſind, die ſich in weniger als zwey hundert mal ſo vielem kochenden Waſſer ganz auflöſen laſſen und Geſchmack erregen.

§. 856. Einige Salze erfordern mehr, andere weniger zu ihrer Auflöſung. Die mehreſten löſen ſich in ſiedendem und heißem Waſſer in größerer Menge auf, als in kaltem. Einige ſind feuerbeſtändig, andere ſind flüchtig. Manche der letztern laſſen ſich für ſich allein gar nicht vom Waſſer trennen.

§. 857.

§. 857. Die feſten Salze ſcheiden ſich aus dem Waſſer durch Verminderung ſeines Sättigungsgrades bey der Abkühlung oder bey ſeinem Verdunſten in kryſtalliniſcher Geſtalt (§. 141.) ab, und dieſe Salzkryſtalle zeigen ſehr große Mannigfaltigkeit ihrer Figur.

§. 858. Die Kryſtalle der Salze verlieren in der Hitze, und mehrere ſchon in trockener und warmer Luft, ihre Figur und ihre Durchſichtigkeit, und **zerfallen** oder **verwittern** in ein Pulver, welches im Gewichte merklich vermindert iſt.

Beyſpiele geben das Glauberſalz, das kohlenſaure Mineralalkali.

§. 859. Da die verwitterten Salzkryſtalle durch Auflöſen in Waſſer und Kryſtalliſiren ihr voriges Gewicht und ihre Geſtalt wieder erhalten; da man ferner durch Deſtillation dieſer Salzkryſtalle Waſſer austreiben und ſammeln kann: ſo muß das Waſſer einen Beſtandtheil der Salzkryſtalle ſelbſt ausmachen und ſich darin im Zuſtande der Feſtigkeit befinden. Man nennt es das **Kryſtalliſationswaſſer**. Es iſt in den verſchiedenen Salzkryſtallen in größerer und geringer Menge vorhanden und darin mehr oder weniger feſt vereinigt.

§. 860. Einige Salze haben ſo ſtarke Anziehung zum Waſſer, daß ſie als feſte Salze durch Aufnahme der Feuchtigkeit der Atmoſphäre darin **zerfließen**.

§. 861. Die Anzahl der Arten von Salzen, welche die Natur und Kunſt darſtellen können, iſt be-

trächt-

trächtlich groß, und es finden ſich bemerkenswerthe Unterſchiede ihrer Eigenſchaften und ihres Verhaltens gegen andere Materien, ſo daß man der beſſern Ueberſicht wegen genöthigt wird, dieſe Claſſe von Körpern in Ordnungen und Gattungen abzutheilen. Ich theile ſie in Hinſicht auf ihre nähern Beſtandtheile in zwey Ordnungen: I) in einfachere, und II) in zuſammengeſetztere. Die Gattungen der erſtern Ordnung ſind: 1) Säuren und 2) Alkalien; die Gattungen der andern Ordnung ſind: 1) Neutralſalze, 2) Mittelſalze, 3) metalliſche Salze.

Der Zucker könnte noch als eine Gattung der erſten Ordnung angeſehen werden, da er ein Oxid iſt.

Säuren.

§. 862. Säuren (Acida) ſind Salze von einem ſauern Geſchmacke, welche die blaue Farbe verſchiedener Pflanzenpigmente in eine rothe verwandeln.

§. 863. Nicht alle blaue Pflanzenpigmente werden von Säuren roth. Man bedient ſich als gegenwirkender Mittel zur Erkennung der Säuren hauptſächlich der Lackmustinctur oder des damit gefärbten Papiers. Jene iſt ſehr empfindlich gegen Säure, zumal wenn man ſie ſo weit mit reinem Waſſer verdünnt hat, daß ſie himmelblau wird.

§. 864. Es giebt von den Säuren mehrere Arten, die ſich durch ihr Verhalten gegen andere Körper weſentlich von einander unterſcheiden. Man theilt ſie gewöhnlich ein: in mineraliſche, vegetabiliſche und thieriſche

riſche Säuren; allein manche Säuren ſind den Körpern mehrerer Reiche der Natur gemeinſchaftlich eigen.

Als identiſch verſchiedene Arten der Säuren ſind anzuſehen:

1) Die Kohlenſäure (Acidum carbonicum, *Acide carbonique*).
2) Die Schwefelſäure (Acidum ſulphuricum, *A. ſulfurique*).
3) Die Salpeterſäure (A. nitricum, *A. nitrique*).
4) Die Salzſäure (A. muriaticum, *A. muriatique oxigéné*).
5) Die Flußſäure (A. fluoricum, *A. fluorique*).
6) Die Boraxſäure (A. boracicum, *A. boracique*).
7) Die Phosphorſäure (A. phosphoricum, *A. phosphorique*).
8) Die Arſenikſäure (A. arſeniicum, *A. arſenique*).
9) Die Molybdänſäure (A. molybdaenicum, *A. molybdique*).
10) Die Wolframſäure (A. wolframicum, *A. tunſtique*).
11) Die Bernſteinſäure (A. ſuccinicum, *A. ſuccinique*).
12) Die Weinſteinſäure (A. tartaricum, *A. tartareux*).
13) Die Zitronenſäure (A. citricum, *A. citrique*).
14) Die Sauerkleeſäure (A. oxalicum, *A. oxalique*).
15) Die Aepfelſäure (A. malicum, *A. malique*).
16) Die Gallusſäure (A. gallaceum, *A. gallique*).
17) Die Benzoeſäure (A. benzoicum, *A. benzoique*).
18) Die Eſſigſäure (A. aceticum, *A. acetique*).
19) Die Milchzuckerſäure (A. galacticum, *A. ſaccho-lactique*).
20) Die Blauſäure (A. boruſſicum, *A. pruſſique*).

§. 865. Alle Säuren ſind zuſammengeſetzte Subſtanzen und beſtehen aus einem **ſäurefähigen Subſtrate** oder einem eigenen **Radical** (*Baſe acidifiable, Radical*) und dem **Sauerſtoffe**, den man als das **ſäurebildende Subſtrat** (*Baſe acidifiant*) anſieht. (§. 842.)

Beyſpiele an Phosphorſäure und Schwefelſäure. Die erſtere beſteht aus Phosphor und Sauerſtoff, die andere aus Schwefel und Sauerſtoff.

§. 866. Man kann alſo Säuren zerlegen und zuſammenſetzen. Das letztere geſchieht, wenn ein ſäure=

ſäurefähiges Subſtrat verbrennt und den Sauerſtoff der Lebensluft in ſich nimmt, wie bey dem Verbrennen des Phosphors im Vorhergehenden; das erſtere erfolgt, wenn der Säure durch eine andere ſäurefähige Subſtanz, die eine ſtärkere Verwandtſchaft zum Sauerſtoffe beſitzt, derſelbe wieder entzogen, und folglich dadurch die ſäurefähige Baſis oder das Radical jener Säure dargeſtellt wird.

§. 867. Einige wenige der bis jetzt bekannten Säuren hat man indeß bis jetzt noch nicht zerlegen und zuſammenſetzen können, und kennt daher ihr Radical noch nicht.

Hierher gehören Nr. 4. 5. und 6. des vorigen Verzeichniſſes (§. 864.).

§. 868. Verſchiedene Säuren kann die Kunſt zwar zerlegen, aber nicht zuſammenſetzen.

§. 869. Die verſchiedenen Säuren unterſcheiden ſich von einander nach der Natur und Verſchiedenheit ihres ſäurefähigen Subſtrats (§. 865.).

§. 870. Die ſäurefähige Grundlage der Säuren iſt entweder einfach oder zuſammengeſetzt.

1) Zu den Säuren mit einfachem Radical gehören:

1. Kohlenſäure.	Ihr	Radical	iſt:	Kohlenſtoff.
2. Schwefelſäure.	ſ	ſ	ſ	Schwefel.
3. Salpeterſäure.	ſ	ſ	ſ	Stickſtoff.
4. Phosphorſäure.	ſ	ſ	ſ	Phosphor.
5. Arſenikſäure.	ſ	ſ	ſ	Arſenik.
6. Wolframſäure.	ſ	ſ	ſ	Wolfram.
7. Molybdänſäure.	ſ	ſ	ſ	Molybdän.

2) Säuren mit zuſammengeſetztem Radical ſind: alle oben (§. 864. Anm.) verzeichnete Säuren von Nr. 11. bis Nr. 19. Ihr Radical iſt zuſammengeſetzt aus Kohlenſtoff und Waſſerſtoff. Die Säure Nr. 20. hat eine vierfach zuſammengeſetzte Grundlage aus Kohlenſtoff, Waſſerſtoff, Phosphor und Stickſtoff.

3)

3) Bey den Säuren mit unbekanntem Radical (§. 867.) hält man dieſes letztere nur muthmaßlich für einfach.

§. 871. Säuren, deren Radical aus einerley Grundſtoffen zuſammengeſetzt iſt (§. 870.), unterſcheiden ſich von einander bloß durch das Verhältniß ihrer Beſtandtheile gegen einander, und können daher auch durch Abänderung dieſes Verhältniſſes in einerley Säure verwandelt werden.

§. 872. Die säurefähigen Grundlagen ſind eines verſchiedenen Grades der Sättigung mit Sauerſtoff fähig. Wenn ſie ganz mit letzterm geſättigt ſind, ſo heißen ſie **vollkommene Säuren.** In der wiſſenſchaftlichen Nomenclatur endigen ſich die Namen der letztern im Lateiniſchen auf icum, im Franzöſiſchen auf *ique*. Wenn die säurefähigen Grundlagen hingegen noch nicht mit ſo viel Sauerſtoff geſättigt ſind, als ſie aufnehmen können, ſo erſcheinen ſie gewöhnlich von minderer Acidität und heißen **unvollkommene** oder **unvollſtändige Säuren.** Ihre Namen ſind im Lateiniſchen auf oſum, im Franzöſiſchen auf *eux* flectirt; im Deutſchen habe ich es durch die Flexion auf **igt** auszudrucken geſucht.

Beyſpiele:

Vollkommene Säuren.	Unvollkommene Säuren.
1) Schwefelſäure (Acidum ſulphuricum, *Acide ſulfurique*).	1) Schwefeligte Säure (Acidum ſulphuroſum, *Acide ſulfureux*).
2) Salpeterſäure (Acidum nitricum, *Acide nitrique*).	2) Salpetrigte Säure (Acidum nitroſum, *Acide nitreux*).
3) Salzſäure (Acidum muriaticum, *Acide muriatique*) *).	3) Salzigte Säure (Acidum muriatoſum, *Acide muriateux*) **).
4) Phosphorſäure (Acidum phosphoricum, *Acide phosphorique*).	4) Phosphorigte Säure (Acidum phosphoroſum, *Acide phosphoreux*).

Voll-

Vollkommene Säuren.	Unvollkommene Säuren.
5) Vollkommene Arſenikſäure (Acidum arſenicum, *Acide arſenique*).	5) Unvollkommene Arſenikſäure (Acidum arſenicoſum).

*) Nach meiner Nomenclatur. Sonſt heißt ſie *Acide muriatique oxigéné*. M. ſ. §. 873. Anm.

**) Sie heißt bey andern Acidum muriaticum, *Acide muriatique*.

§. 873. Man glaubt zwar auch, daß manche ſäurefähige Grundlage mit Sauerſtoff überſättigt werden könne, und nennt dergleichen Säure **oxygenirte Säure** (*Acide oxigéné*, *ſuroxigéné*); aber ſie ſind in der That nur als vollkommene Säuren (§. 872.) anzuſehen; denn eine Ueberſättigung mit Sauerſtoff iſt ſchon deshalb unmöglich, weil er nicht frey exiſtirt.

So nennt man in der methodiſchen Nomenclatur die ſonſt ſo genannte dephlogiſtiſirte Salzſäure *Acide muriatique oxigéné*, aber ſie iſt nur die vollkommene Salzſäure, und die gemeine Salzſäure, die man als vollkommene Salzſäure bisher anſah, iſt als unvollkommene Salzſäure zu betrachten.

Alkalien.

§. 874. Die **Alkalien** (Alcalia) oder **Laugenſalze** ſchmecken ſcharf und urinös, machen die blaue Farbe verſchiedener Pflanzenpigmente grün, die rothe violett oder blau, und die gelbe braun; ſie ſtellen die durch Säuren roth gemachten blauen Pigmente wieder in ihrer vorigen Farbe dar, ſo wie die Säuren hinwiederum die Wirkungen der Alkalien darauf aufheben.

§. 875. Nicht alle blaue Pflanzenpigmente werden von Alkalien grün, ſo wie z. B. nicht das Lackmus. Man bedient ſich als Reagentien für die Alkalien des blauen **Violenſyrups**, des mit **Fernam-**

buc roth gefärbten, des mit **Curcuma gelb gefärbten Papiers**, der durch eine ganz ſchwache Säure roth gefärbten **Lackmustinctur**, und auch der **rothen Alkannatinctur**.

§. 876. In der Natur treffen wir dieſe Salze nicht rein an, ſondern immer in Verbindung mit andern Subſtanzen, z. B. mit Kohlenſäure und andern Säuren. Die Kunſt muß ſie davon erſt ſcheiden. Hier iſt nur die Rede von den reinen Alkalien, die man wegen ihrer auflöſenden Kraft auf das Zellgewebe und die thieriſche Faſer auch **ätzende Alkalien** (Acalia cauſtica) nennt.

§. 877. Wir kennen drey **Arten** der Alkalien: 1) das **Gewächsalkali**, 2) das **Mineralalkali**, 3) das **Ammoniak**. Wegen ihrer Eigenſchaft begreift man die erſtern auch unter dem gemeinſchaftlichen Namen der **feuerbeſtändigen Alkalien** (Alcalia fixa), und nennt das letztere **flüchtiges Alkali** (Alcali volatile).

§. 878. 1) Das **Gewächsalkali** (Potaſſinum, *Potaſſe*) *) iſt ein weißes feſtes Salz, das ſich in ſtark abgeſtumpften vierſeitigen Pyramiden kryſtalliſirt. Es löſ't ſich im kryſtalliniſchen Zuſtande im Waſſer mit beträchtlicher Kälte auf; nach dem Austrocknen im Feuer aber, oder nach dem Verluſte ſeines Kryſtalliſationswaſſers, mit Erwärmung. Das ausgetrocknete Salz zieht ſchnell Feuchtigkeit aus der Atmoſphäre an und zerfließt; ſchmelzt aber ſonſt im Feuer leicht,

leicht, ſchon bey 236° Fahrenh. Die Auflöſung in Waſſer hat den Geruch der friſch getünchten Zimmer. Im Feuer läßt es ſich nicht verflüchtigen. Es löſ't im Schmelzen die Kieſelerde leicht auf.

*) Synonyma: Pottaſche der Neuern (Potaſſe); vegetabiliſches Laugenſalz, Gewächslaugenſalz, alkaliſcher Aetzſtein, Seifenſiederlauge (Alcali vegetabile, Lapis cauſticus alcalinus, Lixivium ſaponariorum).

§. 879. Man hält zwar das Gewächsalkali für eine einfache Subſtanz, allein ſeine Zerlegbarkeit und Zuſammenſetzung ſind doch ſehr wahrſcheinlich. Man gewinnt es aus der Aſche der Pflanzen. In einigen vulkaniſchen Producten, worin man es entdeckt hat, iſt es ohne Zweifel auch vegetabiliſchen Urſprunges, und zwar aus Brennmaterialien der Flötzgebirge, die den Feuerherd der Vulkane bilden.

§. 880. 2) Das **Mineralalkali** (Natrum, *Soude*) *) iſt dem vorigen (§. 878.) in den angeführten Eigenſchaften ſo ähnlich, daß man ſeinen weſentlichen Unterſchied nur durch die verſchiedenen Verbindungen mit Säuren und Wahlverwandtſchaften darthun kann, die ihn aber auch ſehr auffallend beweiſen.

*) Synonyma: Soda der Neuern (Soda); mineraliſches Laugenſalz (Alcali minerale).

§. 881. Die Einfachheit des Mineralalkali iſt ebenfalls bis jetzt problematiſch. Man gewinnt es theils aus der Aſche verſchiedener am geſalzenen Meeresufer wachſenden Kräuter, oder der Soda, theils aus Neutralſalzen, worin es, wie z. B. im Kochſalze,

ſalze, mit einer Säure vereinigt im Mineralreiche vorkommt.

§. 882. 3) Das **Ammoniak** (Ammoniacum, *Ammoniaque*) *) unterſcheidet ſich von den beyden vorhergehenden Alkalien durch einen ſehr lebhaften, reitzenden und ſtechenden Geruch, und durch ſeine große Flüchtigkeit. Wir können es nicht in feſter Geſtalt darſtellen, ſondern es erſcheint immer entweder in Verbindung mit Waſſer in tropfbar-flüſſiger Form (**liquides Ammoniac**), wo es auch unter dem Namen des **ätzenden Salmiakgeiſtes** bekannt iſt; oder in Gasgeſtalt, wo es **Ammoniakgas** (Gas ammoniacale, *Gaz ammoniacal*) heißt. Nur bey der Verbindung mit Säuren liefert es feſte Producte.

*) Synonyma: Flüchtiges Alkali, urinöſes Salz (Alcali volatile, Sal urinoſum).

§. 883. Wenn man recht ſtarken ätzenden Salmiakgeiſt in einer gläſernen Retorte, die mit dem pneumatiſchen Queckſilberapparate (§. 610.) in Communication iſt, durch Lampenfeuer gelinde erhitzt, ſo tritt das Ammoniak des Salmiakgeiſtes mit dem Wärmeſtoffe in Luftform aus dem Waſſer, und man erhält ſo das Ammoniakgas (§. 882.), das ſich als eine eigene Luftart zeigt.

§. 884. Das Ammoniakgas beſitzt einen lebhaften, ſtechenden, faſt erſtickenden Geruch; reagirt auf Pflanzenfarben, wie ein Alkali (§. 874.); wird vom Waſſer unter Erwärmung augenblicklich zerſetzt; das Waſſer nimmt die Baſis deſſelben, das Ammoniak,

daraus

daraus in ſich, und wird damit zum ätzenden Salmiakſpiritus; es iſt irreſpirabel; dient nicht zur Unterhaltung des Verbrennens; iſt leichter, als atmoſphäriſche Luft. Es löſ't ſich im Sauerſtoffgas, in der atmoſphäriſchen Luft und im Stickgas auf.

§. 885. Das Ammoniak iſt eine entzündliche Subſtanz. Hat man Ammoniakgas mit Sauerſtoffgas vermiſcht, ſo kann man das Gemiſch anzünden, auch durch den electriſchen Funken. Beyde Gasarten werden zerſetzt, und das Product des Verbrennens iſt Waſſer und Stickgas. Das Ammoniak iſt alſo zuſammengeſetzt, und zwar aus dem in der Folge anzuführenden Waſſerſtoffe und Stickſtoffe. Das Ammoniak, das aus thieriſchen Körpern durch trockene Deſtillation derſelben oder durch Fäulniß zum Vorſcheine kommt, präexiſtirt nicht in ihnen, ſondern wird erſt aus dem Waſſerſtoffe und Stickſtoffe dieſer Subſtanzen neu erzeugt und zuſammengeſetzt.

Neutralſalze.

§. 886. Säuren und Alkalien zeigen gegen einander ſehr ſtarke Verwandtſchaft, und ſie verbinden ſich zuſammen zu neuen Körperarten, die nicht mehr die Eigenſchaften ihrer Beſtandtheile äußern, oder worin die Säuren und die Alkalien nicht mehr als ſolche reagiren. Das aus einer Säure und einem Alkali entſpringende Product, worin weder das eine noch das andere das Uebergewicht hat, nennt man ein **Neutralſalz** (Sal neutrum).

Verſuch durch Sättigung der Salpeterſäure mit Gewächsalkali.

§. 887.

§. 887. Jede Säure giebt mit jedem der drey Alkalien ein eigenes Neutralſalz. Die Anzahl der letztern läßt ſich alſo beſtimmen, wenn man die Anzahl der bekannten Säuren mit den drey Alkalien multiplicirt.

§. 888. Die verſchiedenen Neutralſalze unterſcheiden ſich von einander durch Geſchmack, Geſtalt, Auflösbarkeit, Feuerbeſtändigkeit, Flüchtigkeit.

§. 889. Durchgehends ſind die Säuren den beyden feuerbeſtändigen Alkalien näher verwandt, als dem Ammoniak. In vielen Fällen haben ſie auch gegen das Gewächsalkali eine nähere Verwandtſchaft, als gegen das Mineralalkali.

Erden und Mittelſalze.

§. 890. **Erden** (Terrae) ſind unentzündliche, feuerbeſtändige Körper, die ſich ohne Zwiſchenmittel in 200 Theilen kochenden Waſſers nicht auflöſen laſſen.

§. 891. **Einfache Erden** (Terrae ſimplices) nennt man ſolche, die in keine ungleichartige Beſtandtheile weiter zerlegt werden können. In der Natur kommen ſie immer in Verbindung unter einander oder mit andern Stoffen vor.

§. 892. Wir kennen gegenwärtig **acht** verſchiedene einfache Erden: 1) **Kieſelerde**, 2) **Kalkerde**, 3) **Talkerde**, 4) **Thonerde**, 5) **Schwererde**, 6) **Strontionerde**, 7) **Zirkonerde** und 8) **Auſtralerde**.

§. 893.

§. 893. Die mehreſten dieſer Erden verbinden ſich mit Säuren auf eine ähnliche Art, als die Alkalien; ſie benehmen ihnen die Acidität und die Fähigkeit, als Säure zu wirken. Es gehören hierher: Kalkerde, Talkerde, Thonerde, Schwererde, Strontionerde. Man nennt ſie deshalb auch **alkaliſche** oder **abſorbirende Erden**, und das Product, das aus ihnen und einer Säure entſpringt, ein **Mittelſalz** (Sal medium).

§. 894. Die Mittelſalze kommen in Abſicht ihrer äußern Beſchaffenheit ſehr mit den Neutralſalzen (§. 886.) überein. Sie unterſcheiden ſich unter einander ſo wohl nach Verſchiedenheit ihrer erdigten Baſis, als ihrer Säure, und jede alkaliſche Erde giebt mit jeder eigenthümlichen Säure ein eigenes Mittelſalz. Einige dieſer Verbindungen ſind indeſſen ſo ſchwer-auflöslich, daß wir ſie nicht mehr zu den Salzen (§. 855.) zählen können, ſondern zu den Steinen oder Erden rechnen müſſen.

§. 895. Jede Säure nimmt von einer alkaliſchen Erde nur eine beſtimmte Menge in ſich, und in einem vollkommenen Mittelſalze muß weder die Säure noch die Erde überſchüſſig ſeyn. Es giebt indeſſen Mittelſalze, die nur bey einem Ueberſchuſſe von Säure gebräuchlich ſind, z. B. der Alaun.

§. 896. Die alkaliſchen Erden beſitzen nicht gleich ſtarke Verwandtſchaft zu den Säuren. Einige gehen auch in dieſer Verwandtſchaft den Alkalien vor, andere nach.

§. 897. 1) Die **Kieſelerde** (Silicea, *Silice*) macht den vorwaltenden Grundtheil in den kieſelartigen Erden oder Steinen aus; am reinſten findet man ſie im Quarze, Kieſelſande und Bergkryſtalle. Sie iſt für ſich unauflöslich im Waſſer, geſchmacklos, unauflöslich in allen Säuren, außer in der Flußſäure, unſchmelzbar.

§. 898. So unſchmelzbar die Kieſelerde für ſich im Feuer iſt, ſo leichtflüſſig wird ſie durch Beyhülfe der feuerbeſtändigen Alkalien. Dieſe löſen ſie im Schmelzfeuer auf und verbinden ſich mit ihr zu einem neuen Producte, dem **Glaſe.**

§. 899. Das **Glas** (Vitrum) iſt alſo eine Zuſammenſetzung aus feuerbeſtändigem Alkali und Kieſelerde. Die letztere erlangt durch erſteres Schmelzbarkeit, und das Alkali verliert dagegen ſeine Auflöslichkeit in Waſſer und Säuren. Je mehr man Alkalien zum Glaſe nimmt, deſto weicher und ſchmelzbarer wird das Glas, deſto weniger widerſteht es aber der Einwirkung des Waſſers und der Säuren. Die Güte des Glaſes hängt von der Reinigkeit der Ingrediengien, von dem gehörigen Verhältniſſe derſelben gegen einander, und von dem dünnen und anhaltenden Fluſſe beym Schmelzen ab.

§. 900. 2) Die **Kalkerde** (Calx, *Chaux*) wird in der Natur nicht rein, ſondern immer in Verbindung mit Säuren angetroffen, und es iſt gewöhnlich die kohlenſaure Kalkerde **rohe Kalkerde** zu nennen,

 dergleiz

dergleichen die Kreide, der gemeine Kalkſtein, der Marmor, der Kalkſpath iſt. Da die Kohlenſäure ſich aus der rohen Kalkerde durchs Brennen im Feuer ſcheiden läßt, ſo iſt dies ein Mittel, die Kalkerde rein darzuſtellen. Sie wird durch dieſes Brennen beträchtlich verändert; löſ't ſich nicht mehr mit Aufbrauſen in Säuren auf, wie vorher, und hat einen ſehr ſcharfen und brennenden, alkaliſchen Geſchmack, da ſie vorher geſchmacklos war. Sie heißt jetzt **gebrannter** oder **lebendiger Kalk** (Calx viva, uſta).

§. 901. Dieſer gebrannte Kalk iſt als die reine Kalkerde anzuſehen, die durchs Brennen von der Kohlenſäure und dem Waſſer, womit ſie in der Natur verbunden war, befreyet worden iſt. Der gebrannte Kalk erhitzt ſich ſtark mit dem Waſſer, womit er **gelöſcht** wird, er ſaugt das Waſſer ein, und fixirt es ſehr ſtark, und löſ't ſich bey mehrerm zugeſetzten Waſſer endlich völlig darin auf, wozu er aber 680 Theile davon braucht. Dieſe Auflöſung heißt **Kalkwaſſer** (Aqua calcis vivae); ſie ſchmeckt ſcharf und alkaliſch, und reagirt gegen Pflanzenpigmente als ein Alkali (§. 874.).

§. 902. In genau verſchloſſenen Gefäßen bleibt das Kalkwaſſer unverändert; an der freyen Luft wird es aber mit einem Häutchen bedeckt, (**Kalkrahm,**) das endlich zu Boden ſinkt und einem neuen Häutchen Platz macht, bis endlich aller Kalk ſich geſchieden hat. Dieſer auf dem Kalkwaſſer ſich bildende Kalkrahm iſt wieder rohe, d. i., kohlenſaure, Kalkerde, die

geſchmack=

geſchmacklos und unauflöslich im Waſſer iſt, und wieder mit Säure brauſ't; und der Grund aller Veränderungen, welche das Kalkwaſſer an der Luft erfährt, rührt von der Kohlenſäure der Atmoſphäre her, welche die im Kalkwaſſer befindliche reine Kalkerde mit vieler Stärke daraus in ſich zieht, und wodurch ſie wieder die Natur des rohen Kalks erlangt. Eben dieſe Umänderung widerfährt auch dem gebrannten Kalke ſelbſt, wenn er an der Luft liegt, aus der er nicht nur nach und nach wieder Kohlenſäure, ſondern auch Waſſer anzieht, und wodurch er ſich allmählig und nach und nach löſcht, zerfällt, und ſeine Schärfe verliert. Die Kalkerde iſt für ſich im ſtärkſten Feuer unſchmelzbar.

§. 903. 3) Die **Talkerde** (Magneſia, *Magnéſie*) *) macht einen Beſtandtheil des Talks, Speckſteins, Serpentins, Meerſchaums, Asbeſts aus, und wird auch in der Natur niemals rein angetroffen. Sie findet ſich ferner im ſo genannten Bitterſalze und in der Mutterlauge der mehreſten Salzſoolen und des Meerwaſſers, im mittelſalzigen Zuſtande.

*) Synonyma: Bittererde, Bitterſalzerde (Terra muriatica, Magneſia ſalis epſomienſis).

§. 904. Die reine Talkerde iſt nicht ätzend und ſcharf, wie die reine Kalkerde, löſ't ſich nicht im Waſſer auf, und erhitzt ſich nicht damit. Die Alkalien löſen ſie auf naſſem Wege nicht auf. Sie ſchmelzt für ſich im gewöhnlichen Feuer nicht.

§. 905. 4) Die **Thonerde** (Argilla, *Alumine*) *) macht einen Beſtandtheil des Thones und der Thonarten, muß aber nicht mit dem **Thone** ſelbſt verwechſelt werden, worin ſie immer mit Kieſelerde verbunden iſt. Bis jetzt hat man ſie nur erſt hier zu Halle im Garten des Pädagogiums rein gefunden. Die Thonerde läßt ſich mit Waſſer ungemein fein zertheilen, aber nicht darin auflöſen; giebt mit wenigem Waſſer einen zähen Teig; zieht ſich beym Austrocknen ſehr zuſammen; und vor dem völligen Austrocknen ſchnell in ſtarkes Feuer gebracht, bekommt ſie Riſſe und ſpringt umher. Nach dem Austrocknen im Feuer gebrannt, ſchwindet ſie ſehr ſtark und brennt ſich hart, ſo daß ſie mit dem Stahle Funken giebt. Die gebrannte Thonerde läßt ſich nicht wieder mit Waſſer zu einem zähen Teige bilden. Gegen die Kohlenſäure hat die Thonerde keine Verwandtſchaft. Von den Alkalien wird ſie auf naſſem Wege aufgelöſ't, was ein ſehr charakteriſtiſches Merkmal derſelben iſt. Sie iſt im ſtärkſten Ofenfeuer für ſich unſchmelzbar, mit der Kalkerde aber iſt ſie ſchmelzbar.

*) Synonyma: Alaunerde (Terra aluminis), reine Thonerde (Argilla pura).

§. 906. 5) Die **Schwererde** (Baryta, *Baryte*) *) wird in der Natur immer in Verbindung mit Säuren, wie mit Schwefelſäure, (**Schwerſpath,**) oder mit Kohlenſäure, (**Witherit,**) angetroffen. Die Kunſt muß ſie alſo erſt rein darſtellen. Dieſe reine Schwererde iſt unſchmelzbar für ſich; ſie löſ't ſich in geringer Menge in Waſſer auf, indem ſie davon wohl 900 Theile

zur

zur Auflöſung erfordert; die Auflöſung ſchmeckt ſcharf und reagirt als alkaliſche Subſtanz auf Pflanzenfarben; an der Luft wird ſie getrübt, indem die Schwererde Kohlenſäure anzieht und nun unauflöslich wird.

*) Terra ponderoſa off.

§. 907. 6) Die **Strontionerde** (Strontiona) findet ſich in einem Foſſil, das von ſeinem Geburtsorte **Strontion** in Schottland den Namen **Strontionit** erhalten hat, und worin dieſe Erde mit Kohlenſäure verbunden iſt. Sonſt aber macht ſie auch einen Beſtandtheil des Schwerſpaths aus.

§. 908. Die reine, von Kohlenſäure befreyete, Strontionerde hat einen ätzenden Geſchmack, löſ't ſich in vielem kochenden Waſſer, nämlich in 250 Theilen, auf; vom kalten Waſſer aber braucht ſie mehr zu ihrer Auflöſung. Die Auflöſung hat den Geſchmack eines ſtarken Kalkwaſſers und wird durch Anziehung der Kohlenſäure an der Luft getrübt. Die mit kochendem Waſſer gemachte und geſättigte Auflöſung der Strontionerde in Waſſer, wenn ſie nach dem Filtriren ſogleich in einer gläſernen Flaſche genau verwahrt wird, ſchießt zu klaren, durchſichtigen Kryſtallen an, von rhomboidaliſcher Geſtalt, von einem ätzenden Geſchmacke, welche an der Luft ihre Durchſichtigkeit verlieren. Die Strontionerde iſt im heftigſten Feuer für ſich unſchmelzbar.

§. 909. 7) Die **Zirkonerde** (Circonia) iſt zuerſt vom Herrn **Klaproth** in den **Zirkonen**, nachher auch in dem **Hyacinth** als vorwaltender Beſtandtheil

und

und als eigenthümliche Erde entdeckt worden. Sie iſt unauflöslich im Waſſer; in Säuren auflösbar, aber nicht mit Kohlenſäure verwandt; in ätzenden Alkalien auf naſſem Wege nicht auflösbar; unſchmelzbar für ſich und mit feuerbeſtändigen Alkalien; nur mit Borax fließt ſie zu Glaſe.

§. 910. 8) Die **Auſtralerde** (Cambria) iſt von Herrn **Wedgwood** in einer Erdart von Neu-Süd-Wales entdeckt worden. Sie iſt unauflöslich im Waſſer, in Aetzlauge und Säuren, ausgenommen in der concentrirten ſalzigten Säure durch Hülfe der Hitze, woraus ſie aber doch durch bloßes Waſſer wieder gefällt wird. Im ſtarken Feuer iſt ſie für ſich ſchmelzbar.

Einfache verbrennliche Subſtanzen.

§. 911. Alle verbrennliche Subſtanzen ſind zwar zuſammengeſetzt aus der Baſis des Lichts oder dem Brennſtoffe (§. 803.) und ihrem eigenen Subſtrate. Wenn dieſes letztere aber ſelbſt nicht weiter zerlegt werden kann, ſo nenne ich auch die entzündliche Subſtanz, die es mit dem Brennſtoffe bildet, einfach, indem wir auf letztern in chemiſcher Hinſicht nicht Rückſicht zu nehmen brauchen (§. 843.).

§. 912. Einfache entzündliche Subſtanzen (§. 911.) ſind: 1) **Waſſerſtoff**, 2) **Kohlenſtoff**, 3) **Schwefel**, 4) **Stickſtoff**, 5) **Phosphor**, 6) **Radical der Salzſäure**, 7) **Radical der Flußſäure**, 8) **Radical der Boraxſäure**, 9) — 27) die 19 **Metalle**.

talle. Wir betrachten ſie nach ihren Eigenſchaften und nach ihren merkwürdigſten Verbindungen, ſo wohl mit andern einfachen Stoffen als unter ſich.

Waſſerſtoff. Waſſer.

§. 913. Das **Waſſer** iſt keine einfache Subſtanz, wie man ſonſt glaubte, ſondern kann in ungleichartige Beſtandtheile zerlegt und wieder daraus zuſammengeſetzt werden.

§. 914. Man ſchütte Waſſer in eine kleine gläſerne Retorte, lege ſie in ein Sandbad, kütte ihren Hals in einen eiſernen Flintenlauf, in deſſen Mitte man noch ſpiralförmig gewundenen Eiſendraht und eiſerne Nägel gebracht hat; man bringe das untere, ebenfalls offene, Ende des laufs unter den Trichter der mit Waſſer gefüllten pneumatiſchen Wanne, mache ſeinen mittlern Theil durch Kohlen glühend, und erhitze das Waſſer in der Retorte bis zum Kochen. So wie nun die Dämpfe des kochenden Waſſers durch den glühenden Theil des eiſernen Rohres ſtreichen, verwandeln ſie ſich in eine Gasart, welche entzündlich iſt und ſich charakteriſtiſch von andern Luftarten unterſcheidet.

§. 915. Um aber die Veränderungen, die das Waſſer bey der Erzeugung dieſer Gasart erleidet, beſſer beſtimmen und Schlüſſe daraus auf die Miſchung des Waſſers ziehen zu können, ſtelle man den vorigen Verſuch auf folgende Weiſe an. Man nehme eine beſchlagene Röhre aus hartem Glaſe, bringe

in die Mitte ihrer Höhlung 274 Gr. (franz.) ſpiralförmig gewundenen Eiſendraht, kütte in die obere Mündung derſelben den Hals einer kleinern gläſernen Retorte, in die man zwey Unzen deſtillirtes Waſſer geſchüttet hat, und lege ſie in ein Sandbad. Den mittlern Theil der Röhre, wo das Eiſen liegt, laſſe man durch ein Kohlenbecken etwas geneigt treten, und kütte ihr unteres Ende in eine Mittelflaſche, die in kaltem Waſſer ſteht, und aus der eine Leitungsröhre unter den Trichter der pneumatiſchen Wanne tritt. Man mache die Glasröhre in der Mitte nach und nach glühend, bringe dann das Waſſer in der Retorte zum Kochen, und nöthige ſo ſeine Dämpfe, durch das glühende Eiſen zu ſtreichen, wo ſich dann auch das erwähnte Gas erzeugt. Man erhält, wenn alles gut gelingt, nach Abzug der atmoſphäriſchen Luft der Gefäße, etwa 416 Cubikzoll (pariſ.) von dieſer brennbaren Luft, die 15 Gr. (franz.) wiegen. Das Eiſen in der Retorte iſt verändert und wie verbrannt; es iſt brüchig und ſpröde geworden, und wiegt nun 85 Gran mehr, als vor der Operation. Das in der Mittelflaſche geſammelte Waſſer beträgt, wenn alles überdeſtillirt iſt, 100 Gr. weniger, als das zur Operation angewendete.

Lavoiſier traité élémentaire, T. I. S. 92. ff.

§. 916. Das erhaltene Gas heißt aus Gründen, die ſogleich erhellen werden, **Waſſerſtoffgas** (Gas hydrogenium, *Gaz hydrogène*), ſonſt **brennbare, entzündbare Luft** (Aër inflammabilis). Es iſt das leichteſte von allen Gasarten (ſ. oben S. 253.); es

beſitzt

beſitzt einen eigenthümlichen unangenehmen Geruch, iſt irreſpirabel, und löſcht ein hineingebrachtes Licht aus; ſonſt aber iſt es ſelbſt brennbar, und läßt ſich entzünden, wenn Sauerſtoffgas oder atmoſphäriſche Luft Zugang hat. So brennt es an der Mündung einer Flaſche, worin es enthalten iſt, nach dem Anzünden mit einer Flamme, die deſto ſchneller in das Gefäß hinabſteigt, je weiter die Mündung der Flaſche iſt. Wenn man eine mit dieſem Gas gefüllte Glasglocke aus dem Sperrwaſſer hebt, ſo kann man von unten her das Gas darin ebenfalls anzünden. Vermiſcht man das Gas in einem Gefäße mit etwa dreymal ſo viel, (dem Volum nach,) atmoſphäriſcher Luft, ſo verbreitet ſich die durch eine brennende Kerze an der Mündung der Flaſche verurſachte Entzündung im Moment durch den ganzen Raum, und es entſteht eine ſtarke Exploſion, die noch ſtärker iſt, wenn man einen Theil reines Sauerſtoffgas mit zwey Theilen Waſſerſtoffgas, (dem Volum nach,) vermiſcht hat. Man unternimmt dieſe Exploſion am ſicherſten in einer Flaſche aus elaſtiſchem Harze. Auch durch den electriſchen Funken laſſen ſich dieſe Vermiſchungen anzünden. — Sonſt wird das Waſſerſtoffgas weder vom Waſſer, noch von Alkalien oder Kalkwaſſer, eingeſogen oder geändert.

§. 917. Da bey dem Prozeſſe der Erzeugung dieſes Gas (§. 915.) die Gewichtszunahme des rückſtändigen Eiſens zu dem Gewichte des erhaltenen Gas addirt, dem Gewichte des dabey verſchwundenen Waſſers correſpondirt; ſo folgt ganz natürlich, daß dieſes

Waſſer

Waſſer theils zur Veränderung jenes Eiſens, theils zur Bildung des Gas verwendet worden seyn müſſe. Die Veränderungen, die das Eiſen durch die Waſſerdämpfe beym Glühen erlitten hat, ſind ganz dieſelbigen, als wenn es in Sauerſtoffgas verbrennt (§. 833.), folglich muß Sauerſtoff an ihn getreten ſeyn, und dieſer muß einen Beſtandtheil des Waſſers ausmachen. Da die Gewichtszunahme des Eiſens hierbey zu dem Gewichte des erhaltenen brennbaren Gas addirt, dem Gewichte des verſchwundenen Waſſers correſpondirt, ſo muß die ponderabele Baſis dieſes Gas den andern Beſtandtheil des Waſſers ausmachen. Weil alſo das Waſſer aus Sauerſtoff und dieſer ponderabelen Baſis des brennbaren Gas zuſammengeſetzt iſt, ſo hat man eben deshalb der letztern den Nahmen **Waſſerſtoff** (Hydrogenium, *Hydrogène*) gegeben.

Lavoiſier traité élém. S. 91. ff.

§. 918. Das Waſſer beſteht demnach aus **Sauerſtoff** und **Waſſerſtoff**, und zwar, dem angeführten und andern Experimenten zu Folge, aus 0,85 des erſtern und 0,15 des letztern.

§. 919. Die Theorie des angeführten Prozeſſes (§. 914. ff.) iſt nun folgende. In der Glühehitze entzieht das Eiſen wegen ſeiner nähern Verwandtſchaft zum Sauerſtoffe dieſen dem Waſſerſtoffe im Waſſer, und der Waſſerſtoff nimmt den Brennſtoff des Eiſens auf, und tritt durch den Wärmeſtoff als expanſibeles Fluidum aus; das Eiſen bleibt ſolcher Geſtalt

verkalkt

verkalkt oder oxidirt zurück. Die Baſis des Waſſerſtoffgas iſt alſo Waſſerſtoff und Brennſtoff.

§. 920. Die völlige Ueberzeugung von dieſer aus analytiſchen Verſuchen gezogenen Schlußfolge gewährt die Syntheſis des Waſſers, oder die Wiedererzeugung deſſelben aus der ponderabelen Baſis des Waſſerſtoffgas und Sauerſtoffgas. Läßt man nämlich beyde Gasarten in dem Verhältniſſe von 15 Theilen des Waſſerſtoffgas zu 85 Theilen des Sauerſtoffgas, (dem Gewichte nach,) in einem eingeſchloſſenen Raume verbrennen, ſo werden beyde Luftarten zerſtört, und es bildet ſich wieder Waſſer, das dem Gewichte nach 100 Theile beträgt.

Mémoire ſur la combuſtion du gaz hydrogène dans des vaiſſeaux clos, par M. *Fourcroy*, *Vauquelin* et *Seguin*; in den *Annales de chimie*, T. VIII. S. 230. ff. T. IX. S. 30. ff.

§. 921. Um dieſes Verbrennen mit gehöriger Bequemlichkeit und mit genauer Schätzung der dabey verzehrten Gasarten vornehmen zu können, hat man eigene Vorrichtungen eingeführt, die den Namen der **Gazometer** führen. Der vom Hrn. **van Marum** dazu vorgeſchlagene Apparat iſt der einfachſte und bequemſte.

Lavoiſier traité élém. T. II. S. 342. ff. Ueber die Apparate zur Waſſer- und Säureerzeugung, und ihre vortheilhaftern Einrichtungen, vom Hrn. Succow; in Crells chem. Annalen, 1791. B. I. S. 453. ff. Beſchreibung eines ſehr einfachen Gazometers, vom Hrn. van Marum; in Grens Journ. der Phyſ. B. V. S. 154. ff. B. VI. S. 3. ff. Beſchreibung eines Gazometers oder Luftmeſſers und einiger damit angeſtellten Verſuche, vom Hrn. von Hauch; in Grens neuem Journ. d. Phyſ. B. II. S. 1. ff.

§. 922.

§. 922. Wenn Waſſerſtoffgas und Sauerſtoffgas mit einander vermiſcht werden, ſo iſt in der Temperatur unter dem Glühen die Anziehung ihrer reſpectiven Grundlagen zum Wärmeſtoffe größer, als gegen einander, und ſie zerſetzen ſich daher nicht. Hingegen in der Temperatur des Glühens ziehen ſich Sauerſtoff und Waſſerſtoff wechſelſeitig wieder ſtärker an, und ſie vereinigen ſich wieder zuſammen zum Waſſer, während der Brennſtoff des Waſſerſtoffgas mit dem frey werdenden Wärmeſtoffe beyder Gasarten das Feuer bildet.

§. 923. Wenn wir einen pariſer Cubikfuß Waſſer zu 70 Pf. (franz.) rechnen, und einen Cubikfuß Waſſerſtoffgas zu 61 Gr., ſo folgt aus dem obigen Verhältniſſe des Waſſerſtoffes zum Sauerſtoffe im Waſſer, daß in einem Cubikfuße Waſſer 10½ Pf. Waſſerſtoff enthalten ſind, die über 1569 Cubikfuß brennbare Luft bilden können.

§. 924. Das Waſſerſtoffgas kann aus dem Waſſer noch auf mehrere andere Arten dargeſtellt werden, als auf die (§. 914.) angezeigte Weiſe. Wenn man nämlich mit Waſſer verdünnte Schwefelſäure oder ſalzigte Säure auf Eiſenfeil oder Zink gießt, ſo wird durch dieſe Metalle unter Einwirkung der Säure das Waſſer ebenfalls zerlegt; ſie nehmen den Sauerſtoff daraus in ſich, treten ihren Brennſtoff an den Waſſerſtoff ab, verkalken ſich und werden von der Säure aufgelöſ't, während der Waſſerſtoff mit dem Brennſtoffe verbunden als Gas austritt. Man

ſchütte

ſchütte zu dem Ende gekörnten oder in Stücke gebrochenen Zink in eine Entbindungsflaſche (§. 611.), und gieße darauf ein Gemiſch aus 1 Theile Vitriolöhl und 6 Theilen Waſſer. Die Auflöſung geſchieht mit mäßiger Lebhaftigkeit und Aufbrauſen. Das ſich entwickelnde Gas fange man vermittelſt des übrigen pneumatiſchen Apparats durch Waſſer hindurch auf.

§. 925. Wenn man die Erzeugung des Waſſerſtoffgas nach der eben angezeigten Weiſe (§. 924.) in einer kleinen Flaſche aus ſtarkem Glaſe vornimmt, die man mit einem Korkſtöpſel verſchloſſen hat, durch welche eine enge zulaufende Glasröhre vertical geſteckt iſt, aus der das Gas hervortreten kann; dann dieſen hervortretenden Strom des Gas anzündet, nachdem man ſicher iſt, daß keine atmoſphäriſche Luft mehr im Glaſe eingeſchloſſen iſt; und über die Flamme des brennenden Gas die Mündung eines Glaskolbens oder eines oben geſchloſſenen Glascylinders hält: ſo entſteht ein ſchneidender Harmonicaton. Die Luft, welche hierbey in das Gefäß ſtrömt, in welchem das Sauerſtoffgas zerſetzt wird, bewirkt hierbey die klingende Erſchütterung.

§. 926. Das Waſſer kann nur dann zerlegt werden, wenn es mit einer Materie in Berührung kommt, die Anziehung zu ſeinem Sauerſtoffe hat, und zwar eine ſtärkere, als die iſt, welche der Waſſerſtoff gegen den Sauerſtoff beſitzt. Deshalb wird das Waſſer beym Durchgange durch glühendes Glas, Gold, Silber, Porzellän, und überhaupt durch un-

verbrenn-

verbrennliche Körper, nicht zerlegt, ſondern bleibt Waſſer.

Chemiſche Verſuche über die Beſtandtheile und die Zerlegung des Waſſers, vom Hrn. von Hauch; in Grens Journ. d. Phyſ. B. VIII. S. 27. ff.

§. 927. Man kennt bis jetzt noch keinen Körper, der das Waſſer dadurch zerlegte, daß [illegible] den Waſſerſtoff deſſelben ſtärker anzöge, als [illegible] Sauerſtoffe angezogen wird. Die Natur ſch[illegible]ber dieſen Weg bey der Vegetation der Pflanzen einzuſchlagen, die im Sonnenlichte das Waſſer zerſetzen, den Waſſerſtoff daraus in ſich nehmen und ſich als Beſtandtheil zueignen, und den Sauerſtoff frey machen, der als Sauerſtoffgas ſich aus den Blättern entwickelt.

§. 928. Man bringe zu dem Ende in einen geräumigen Glascylinder oder Glaskolben eine im Waſſer eine hinlängliche Zeit ausdauernde geſunde und ſaftreiche Pflanze, fülle das Gefäß mit reinem Waſſer ganz voll, decke es mit einer Taſſe oder Schüſſel zu, kehre es in einer Wanne mit Waſſer ſo um, daß keine Luft von außen hineinkomme. Wenn man nun hierauf den Apparat an die Sonne ſtellt, ſo nimmt man wahr, daß aus der Fläche der Blätter Luftbläschen zum Vorſcheine kommen, die ſich davon ablöſen, nach oben in das Gefäß aufſteigen und ſich ſammeln, und ſo das Waſſer heraustreiben. So lange die Pflanze friſch und geſund bleibt, dauert die Entwickelung des Sauerſtoffgas im Sonnenlichte fort. Die ſaftigen Pflanzen, die Waſſerpflanzen, die cryptogamiſchen Pflanzen, wie beſonders Conferva rivularis, die

Prieſt-

Prieſtleyiſche grüne Materie, geben das Sauerſtoff-gas hierbey in vorzüglicher Menge.

§. 929. Die zahlreichen Verſuche des Herrn Jngenhouſz über dieſen Gegenſtand, ſo wie die des Herrn **Sennebier**, beſtätigen die Thatſache ganz allgemein, daß zur Entwickelung des Sauerſtoffgas aus den Pflanzen [illegible] Licht Bedingung iſt, und daß ſie das Gas deſto reich[illegible] ausſtrömen, je heller der Tag iſt und je mehr die Stellung der Pflanze ſie dem Einfluſſe des Lichts ausſetzt. Die Pflanzen entwickeln ferner das Sauerſtoffgas nur ſo lange, als ſie geſund und in dem Acte der Vegetation begriffen ſind, und ſie hören auf, es zu thun, ſo bald ſie abſterben. Bey ihrem Wachsthume im Freyen geben ſie auch unſtreitig mehr Sauerſtoffgas, als unter Waſſer, obgleich dann der Prozeß ſelbſt nicht wahrgenommen werden kann; denn die meiſten Pflanzen, wenn ſie unter Waſſer geſetzt werden, befinden ſich in einem untauglichen Medium, um lange ihre volle Kraft zu behalten. Herr **Sennebier** behauptet, daß die Blätter des Nachts und im Dunkeln gar keine Luft entwickeln; die zahlreichen Verſuche des Hrn. **Jngenhouſz** zeigen aber doch, daß ſie dann eine irreſpirabele Gasart, Stickgas und kohlenſaures Gas, obgleich in geringer Menge, ausſtrömen; welches nach ihm auch die Blumen, die Wurzeln und die reifen Früchte, in den mehreſten Fällen, ſo wohl im Sonnenſcheine als im Dunkeln thun.

Joh. Jngenhouſz Verſuche mit Pflanzen, wodurch entdeckt worden, daß ſie die Kraft beſitzen, die atmoſphäriſche Luft beym Sonnenſcheine zu reinigen, und im Schatten und

des

des Nachts über zu verderben, a. d. Engl. Leipz. 1780. 8. Wien, Th. I — III. 1785 — 1790. 8. Einige Bemerkungen über die Oekonomie der Pflanzen; in Ingenhouſz verm. Schr. B. I. S. 341. ff. Mémoires phyſico-chimiques ſur l'influence de la lumière ſolaire pour modifier les étres des trois regnes de la nature, et ſurtout ceux du regne végetal, par *J. Sennebier*. à Geneve 1782. T. I. III. 8. Joh. Sennebiers phyſikaliſch-chemiſche Abhandlungen über den Einfluß des Sonnenlichts auf alle drey Reiche der Natur, a. d. Franz. Th. I — IV. Leipz. 1785. 8. **Ebendeſſelben** Expériences ſur l'action de la lumière ſolaire pour la végetation. à Geneve 1788. 8.

§. 930. Der Waſſerſtoff iſt einfach und bis jetzt unzerlegt. Er iſt ferner für ſich nicht darſtellbar, und wir kennen ihn nur in ſeinen Zuſammenſetzungen. Er macht nicht nur einen Beſtandtheil des Waſſers und des Waſſerſtoffgas aus, ſondern geht in die Miſchung der Erdharze, des Alcohols, und aller und jeder nähern Beſtandtheile der Körper des Gewächsreiches und Thierreiches ein.

§. 931. Das Waſſer kommt in der Natur in einer dreyfachen Form vor: als feſtes Waſſer, oder **Eis**; als liquides, oder eigentliches **Waſſer**; und als elaſtiſch-flüſſiges, oder **Waſſerdampf**.

§. 932. Das liquide Waſſer iſt im Zuſtande ſeiner Reinigkeit eine farbenloſe, durchſichtige, unſchmackhafte, geruchloſe, unentzündliche Flüſſigkeit, die allerdings etwas Elaſticität beſitzt und compreſſibel iſt, wie **Zimmermanns** und **Abichs** Verſuche, die Fortpflanzung des Schalles durch das Waſſer, und das Abſpringen harter Körper von demſelben beweiſen.

Vergl. §. 130.

§. 933.

§. 933. Das Waſſer hat ſeine Flüſſigkeit nur vom Stoffe der Wärme (§. 137. 571.), und es gehört zu den ſehr ſchmelzbaren Subſtanzen. Bey Verminderung der freyen Wärme unter 32° Fahr. wird es feſt oder zu Eis, wobey es dann wieder den vorher latent gemachten Wärmeſtoff entläßt. Die Entſtehung des Eiſes iſt im Grunde eine Art von Kryſtalliſation (§. 144.). Es nimmt dabey unter den gehörigen Umſtänden eine regelmäßige Geſtalt an, und bildet ſich gewöhnlich in Nadeln, die unter einem Winkel von 60° ſich durchkreuzen. Daher die ſechszackige Figur des Schnees.

§. 934. Bey dieſem Gefrieren des Waſſers entwickeln ſich die Luftarten, die im Waſſer aufgelöſ't waren, als kleinere oder größere Blaſen, die in der Maſſe des Eiſes zerſtreut ſind. Dieſe bringen dadurch manchmal ſehr beſondere Erſcheinungen hervor, und von der Menge derſelben hängt auch die größere oder geringere Undurchſichtigkeit des Eiſes ab. Merkwürdig iſt es, daß auch gekochtes und von Luft befreyetes Waſſer beym Gefrieren doch dergleichen Blaſen zeigt. Sollte hier wohl nicht, nach Herrn **Lichtenbergs** Meinung, die Entwickelung der im Waſſer latent geweſenen Wärme durch Verwandlung einiger Theile deſſelben in elaſtiſchen Dampf an der Entſtehung dieſer Blaſen Antheil haben können?

§. 935. Das Waſſer dehnt ſich beym Gefrieren in einen größern Raum aus. Dies rührt theils und hauptſächlich von der Anziehung ſeiner Theile her, ver-

möge welcher ſie beym Kryſtalliſiren eine beſtimmte Lage anzunehmen ſtreben; theils von den entwickelten Luft⸗ oder Dampfblaſen. Von dieſer Ausdehnung des Eiſes bey ſeiner Entſtehung aus dem Waſſer iſt es herzuleiten, daß gläſerne Flaſchen, die mit Waſſer gefüllt und verſchloſſen ſind, beym Gefrieren des Waſſers zerſpringen, und daß dadurch ſelbſt eiſerne Bomben mit großer Gewalt zerſprengt, Bäume und Felſen von einander geriſſen, das Pflaſter auf den Straßen gehoben werden kann. Davon rührt es auch her, daß das Eis ein geringeres ſpecifiſches Gewicht hat als das Waſſer und auf dem Waſſer ſchwimmt.

Verſuche über die ausdehnende Kraft des gefrierenden Waſſers, angeſtellt von Erdm. Williams; in Grens Journal der Phyſik, B. VII. S. 281. ff.

§. 936. Merkwürdig iſt es, daß das Waſſer eine etwas ſtärkere Kälte ertragen kann, ohne zu gefrieren, wenn es in genau zugeſtopften Gefäßen der Kälte ausgeſetzt wird, als beym Zugange der freyen Luft. Eine mäßige Erſchütterung bringt aber dieſes Waſſer augenblicklich zum Gefrieren, und gewöhnlich zu einer ſchäumigen, mit vielen Luftblaſen angefüllten Maſſe. Auch wenn die Oberfläche des Waſſers mit Oehl bedeckt iſt, ſo kann es, ohne zu gefrieren, eine ſtärkere Kälte ertragen als das Waſſer, das der freyen Luft ausgeſetzt iſt, und wird ebenfalls durch Umrühren oder Schütteln hernach ſchnell zu Eiſe. Sollte hierbey wohl nicht die nöthige Entwickelung der verborgen geweſenen Wärme länger zurückgehalten werden als bey Berührung der freyen Luft? Die Urſache,

ſache, warum feſte Salze das Gefrieren des Waſſers hindern, worin ſie aufgelöſ't ſind, und ſchwache Salzlaugen durch den Froſt concentrirt werden können, indem nur das Wäſſerige gefriert, erhellet aus dem oben (§. 618 — 621.) Angeführten. Sie verſchlucken nämlich eine größere Menge von Wärmeſtoff, und halten ihn ſtärker zurück als bloßes Waſſer, das ohne Ausſcheidung dieſer größern Menge der unmerkbaren Wärme nicht gefrieren kann. Die Rückkehr des Eiſes zum tropfbaren Waſſer oder das Aufthauen deſſelben geſchiht durch die Aufnahme des freyen Wärmeſtoffes, der dadurch, daß er dem feſten Waſſer Flüſſigkeit ertheilt, wieder unmerkbar wird.

§. 937. Auch ohne zu gefrieren iſt das Waſſer vermögend, durch innige Verbindung mit feſten Körpern in den Zuſtand der Feſtigkeit und der mehrern Feuerbeſtändigkeit überzugehen, wie das Kryſtalliſationswaſſer der Salze (§. 859.) der Erde und Steine beweiſet.

§. 938. Das Waſſer iſt ein Auflöſungsmittel für eine große Anzahl von Körpern. Beſonders iſt es das eigentliche Auflöſungsmittel für die Salze, und durch deren Hülfe kann es dann auch wieder andere Körper auflöſen, auf die es ſonſt nicht wirkt. Daher kommt es auch, daß in der Natur nur wenig Waſſer angetroffen wird, das völlig rein ſeyn ſollte. Zu den reinſten Waſſern gehören die atmoſphäriſchen beſonders Schnee und Regenwaſſer. Um ſich ſonſt reines Waſſer zu verſchaffen, bleibt die Deſtillation aus Gefäßen von hartem Glaſe das einzige Mittel.

§. 939. Das Waſſer iſt in der Hitze flüchtig und verwandelt ſich beym Sieden in **Dämpfe**. Es geht nun durch Verbindung mit mehrerm Wärmeſtoffe in den Zuſtand der eigentlichen expanſibelen Flüſſigkeit, in **Waſſerdampf**, über. Die beym Sieden des Waſſers vorkommenden Umſtände ſind ſchon oben (§. 579. ff.) angeführt worden.

§. 940. Die ſo genannte **unmerkliche Ausdünſtung** des **Waſſers** iſt ebenfalls nichts anderes als die Verwandlung deſſelben in elaſtiſchen Dampf durch Beytritt und Verſchluckung des Wärmeſtoffes. Sie geſchieht nur an der Oberfläche des Waſſers in der geringen Temperatur, und eben wegen der mindern Intenſität des dem Waſſer zugeführten Wärmeſtoffes, in geringerer Menge und unmerklich. Daß aber bey dieſer unmerklichen Verdunſtung des Waſſers ebenfalls Wärmeſtoff zum verborgenen gemacht werde, beweiſet die Abkühlung des Thermometers durch Waſſer, das von ſeiner Oberfläche unmerklich verdunſtet, und die beträchtliche Leitungskraft des Waſſers für Wärme. Hrn. **Watts** Erfahrungen beweiſen auch, daß das Waſſer bey der unmerklichen Verdunſtung verhältnißmäßig mehr Wärmeſtoff verſchlucke als beym Sieden.

de Luc; in Grens Journ. der Phyſik, B. VI. S. 125. ff.

§. 941. Das Maximum der Verdampfung des Waſſers (§. 593.), oder das größte Verhältniß der Baſis des Dampfes zum Raume deſſelben, hängt bey gleicher Zuſammendrückung von der Temperatur des

Dam=

Dampfes ab (§§. 593. 594.). Wenn alſo Waſſerdampf in der Luft enthalten iſt, und es mindert ſich die Temperatur der Luft, ſo kann das vorige Maximum der Verdampfung nicht beſtehen, ſondern ein Theil Baſis des Dampfes, alſo Waſſer, ſchlägt ſich nieder, der nun **Nebel**, und bey näherm Zuſammentritte deſſelben, Waſſertropfen bildet. Wenn aber auch bey bleibender Temperatur der Druck der Luft zunimmt, ſo wird ein Theil des Waſſerdampfes ebenfalls zerſetzt, indem, wenn er in einen engern Raum gebracht werden ſollte, das Maximum der Verdampfung überſchritten werden müßte.

§. 942. Man ſieht alſo, wie Waſſerdampf in allen Temperaturen der Luft gegenwärtig ſeyn könne; durch den Wechſel ihrer Temperaturen und ihres Drucks aber bald in größerer Menge erzeugt, bald wieder zerſetzt werden muß.

§. 943. So lange der Waſſerdampf unzerſetzt und ein expanſibeles Fluidum iſt, ſo lange iſt er auch völlig durchſichtig und unſichtbar, wie die atmoſphäriſche Luft; er trübt alſo ihre Klarheit nicht, wenn er als ſolcher mit ihr vermiſcht iſt. Wenn er aber, durch die vorher (§. 941.) angeführten Urſachen darin zerſetzt zu werden anfängt, ſo bildet er den Nebel, der, wie ich ſchon oben (§. 592.) angeführt habe, kein Dampf mehr iſt und mit Unrecht ſo genannt wird; er iſt höchſt fein zertheiltes liquides Waſſer. Durch Zunahme der Temperatur der Luft und abnehmenden Druck derſelben kann der Nebel wieder verſchwinden,

den, indem er ſich von neuem wieder in wahren Dampf verwandelt.

§. 944. Auf dieſe wechſelſeitige Zerſetzung und Bildung des Waſſerdampfs in der Luft gründen ſich die bekannten Phänomene vom Sichtbarwerden unſers Hauchs in kalter Luft und der Unſichtbarkeit deſſelben in warmer; das ſo genannte Schwitzen oder Anlaufen kalter Körper in feuchten und heißen Zimmern; das Schwitzen der Fenſter in dieſen Zimmern, wenn die äußere Luft merklich kälter iſt als die innere; das Beſchlagen der Gebäude beym Thauwetter nach anhaltendem Froſte; das Beſchlagen der Glocke der Luftpumpe bey Wiederhinzulaſſung der Luft nach vorhergegangener Verdünnung; die Entſtehung des Nebels, der Wolken, des Thaues, des Reifs, des Regens, des Schnees, des Hagels.

§. 945. Andere Naturforſcher erklären die unmerkliche Ausdünſtung, wie ich ſchon oben (§. 598.) angeführt habe, lediglich aus der Auflöſung des Waſſers in der Luft. Sie nehmen an, daß die Luft nur eine beſtimmte Menge Waſſer auflöſen könne, wo ſie dann damit geſättigt ſey. Ihr Sättigungsgrad ſey aber, wie bey mehrern andern Auflöſungsmitteln, nach der Temperatur verſchieden; eine warme Luft löſe mehr Waſſer auf als eine kalte. Wenn daher die Luft in der Wärme mit Waſſer geſättigt ſey, ſo ſchlage ſich dieſes beym Erkalten daraus nieder und werde bey zunehmender Wärme der Luft wieder aufgelöſ't; und hieraus erklären ſie die vorher (§. 944.) angeführten

Erſchei-

Erſcheinungen. Allein es läßt ſich die Verdunſtung nicht allein leichter und ungezwungener ohne dieſe Aufloͤſung des Waſſers in der Luft erklaͤren, wie Herr **de Luc** gruͤndlich dargethan hat; ſondern es ſteht derſelben auch entgegen, daß die Verdunſtung ohne alle Luft Statt finden kann, ja dann noch deſto beſſer Statt findet, und daß die mit Waſſerdunſt beladene Luft bey gleicher Waͤrme und abſoluter Elaſticitaͤt, nach **Sauſſure's** Beobachtungen, ein geringeres eigenthuͤmliches Gewicht hat als die trockene, welches nicht ſeyn koͤnnte, wenn das Waſſer ſo in der Luft aufgeloͤſ't waͤre, als ein Salz im Waſſer aufgeloͤſ't iſt. Es kann folglich das Waſſer nur als der ſpecifiſch leichtere elaſtiſche Dampf in der Luft enthalten ſeyn.

§. 946. Ein Werkzeug, welches beſtimmt iſt, die in der Luft befindliche Feuchtigkeit anzuzeigen oder zu meſſen, heißt ein **Hygroſkop** oder **Hygrometer**. Die Subſtanz, welche durch ihre Veraͤnderungen die in der Luft befindliche Feuchtigkeit anzeigt, heißt der **hygroſkopiſche Koͤrper**.

§. 947. Man hat eine große Menge Koͤrper zu der hygroſkopiſchen Subſtanz der Hygrometer vorgeſchlagen, und iſt beſonders auch in der Beſtimmung der feſten Puncte der hygrometriſchen Scale ſehr ſchwankend geweſen. Die Herren **Sauſſure** und **de Luc** haben viele Bemuͤhungen angewandt, und viele Unterſuchungen angeſtellt, um feſte Grundſaͤtze in die Hygrometrie einzufuͤhren. Das **Hygrometer** des

Herrn

Herrn Sauſſure beſteht aus einem Menſchenhaare, das durch Kochen in einer Lauge des kohlenſauren Mineralalkali von ſeiner Fettigkeit befreyet worden, an einen feſten Punct angehängt, und am andern Ende mit einer dünnen Welle in Verbindung iſt, die einen Zeiger auf einer Scheibe drehet. Durch die Feuchtigkeit wird das Haar ſchlaff, es verlängert ſich, und das kleine Gegengewicht an der Welle drehet dieſe. Durch Trockniß verkürzt es ſich, und überwindet das Gegengewicht der Welle. Den Punct der größten Feuchtigkeit beſtimmt der Erfinder unter einer gläſernen Glocke, die mit Waſſer geſperrt und inwendig mit Waſſer befeuchtet worden iſt; den Punct der größten Trockniß aber unter einer gläſernen Glocke, die auf einem bis zum Glühen erhitzten, mit ausgeglühetem Gewächsalkali bedeckten, Bleche ſteht. Den Abſtand der Puncte des Zeigers auf der Scheibe in der größten Feuchtigkeit und Trockniß theilt er in 100 gleiche Theile. Herr de Luc hat theils gegen die Anwendbarkeit des Haares ſelbſt und aller Fäden überhaupt, theils gegen die Beſtimmung der feſten Puncte des Herrn von Sauſſure, viele Bemerkungen gemacht, und die Vorzüge des von ihm vorgeſchlagenen Fiſchbeinhygrometers zu zeigen ſich bemühet. Es beſteht aus einem ſehr dünnen Streifen Fiſchbein, der nicht in der Länge, ſondern in der Quere der Fibern des Fiſchbeins geſchnitten, unten an einen feſten Punct angehängt, und oben auch mit einer feinen Welle in Verbindung iſt, die auf einer Scheibe einen Zeiger drehet. Als Gegengewicht an der Welle dient ein

ein ſpiralförmig gewundener feiner Golddraht, der an dem einen Ende befeſtigt und an dem andern mit der Welle verbunden iſt. Den Punct der größten Feuchtigkeit beſtimmt er durch unmittelbares Eintauchen der hygroſkopiſchen Subſtanz in Waſſer, und den Punct der größten Trockniß in einem genau verſchloſſenen und mit friſch ausgeglühetem ungelöſchten Kalke zum Theil angefüllten zinnernen Gefäße, worin er das Hygrometer aufhängt. Den Abſtand beyder Puncte, den der Zeiger auf der Scheibe angiebt, theilt er in 100 gleiche Theile.

Sauſſure's oben (§. 592.) angeführte Schrift. Gehlers phyſ. Wörterbuch, Th. II. S. 661.; de Luc neue Ideen über die Meteorologie, Th. I. Kap. 1 — 3. Ebendeſſelben Abhandl. über die Hygrometrie, a. d. *philoſ. transactions* Vol. LXXXI. 1791., überſ. in Grens Journ. der Phyſik, B. V. S. 279. ff.

§. 948. Ungeachtet der ſo mühſamen und vielfachen Unterſuchungen, welche die genannten Naturforſcher in Rückſicht des Hygrometers angeſtellt haben, muß man doch geſtehen, daß die Grundlage der Hygrometrie, die ſie errichtet haben, ſchwankend iſt, und die Folgerungen, die ſie aus den Beobachtungen mit dem Hygrometer ziehen, ganz unſtatthaft ſind. Zuvörderſt muß ich bemerken, daß nur das liquide Waſſer feuchtmachend iſt, nicht das feſte oder das Eis, und nicht das dampfförmige. Feuchtigkeit bezieht ſich alſo nur auf das Anhängen des liquiden Waſſers an einen Körper, und das Waſſer hört auf, feuchtmachend oder Feuchtigkeit zu ſeyn, wenn es zum feſten Waſſer oder zum Dampfe wird. Es irren alſo diejenigen ſehr, welche glauben, daß das Hygrometer

die Anweſenheit oder Abweſenheit aller wäſſerigen Baſis in der Atmoſphäre anzeigen ſolle, und alſo auch den elaſtiſchen Waſſerdampf. Die Erfahrungen der Herren **de Luc** und **Watt** lehren ja ſelbſt, daß eine empfindliche **hygroſkopiſche** Subſtanz im Waſſerdampfe, der durch die nöthige Wärme durchaus in elaſtiſchem Zuſtande erhalten wird, auf Trockniß zeige. Nur dann, wenn ein Theil des Dampfes durch Abkühlung oder Zuſammendrückung zerſetzt wird, entſteht Feuchtigkeit im Dampfe durch die jetzt abgeſchiedene wäſſerige Baſis. Das Hygrometer des Hrn. Sauſſure ſo wohl, als das **de Lucſche** wird alſo in der Luft nur von dem Waſſer afficirt, das als höchſt fein zertheiltes liquides Waſſer darin ſchwebt, und durch Zerſetzung des Dampfes daraus niedergeſchlagen worden iſt. Wenn von zwey mit einander harmonirenden Hygrometern das eine in einem ſtark geheitzten Zimmer ſteht, deſſen Luft mit elaſtiſchem Waſſerdunſte vermiſcht iſt, und ſeine hygroſkopiſche Subſtanz die Temperatur des Zimmers hat, ſo kann es einen ziemlichen Grad von Trockniß anzeigen, während das andere, deſſen hygroſkopiſche Subſtanz kalt iſt, beym Hereinbringen ins Zimmer ſogleich große Feuchtigkeit angiebt, eben weil es, bloß als kalter Körper, den Waſſerdampf zerſetzt (§. 593.). Die Wirkung des Werkzeugs iſt dieſemnach ſehr eingeſchränkt, und es iſt für die Meteorologie bey weitem nicht ſo wichtig, als es Hr. **de Luc** darſtellt. Hr. **de Luc** muß erſt beweiſen, daß die hygroſkopiſche Subſtanz ſeines Hygrometers auch Waſſerdämpfe, bey gleicher Tempera-

tur

tur mit denſelben, zerſetze, oder zur Baſis des Waſſerdampfes eine ſtärkere Anziehung habe, als der Wärmeſtoff; ſonſt braucht man ſich mit Hrn. **de Luc** nicht zu wundern, wie das Hygrometer in hohen Gegenden der Atmoſphäre auf große Trockniß zeigen, und doch in dieſen Gegenden oft plötzlich ungemein viel Regen entſtehen könne, und man kann ihm nicht die Folgerung zulaſſen, daß dieſes Waſſer nicht als Dampf, ſondern als Luft in der Atmoſphäre zugegen geweſen ſeyn müßte.

Prüfung der neuen Theorie des Hrn. *de Luc* vom Regen, und ſeiner daraus abgeleiteten Einwürfe gegen die Auflöſungstheorie, (von Hrn. *Zylius*). Berlin 1795. 8.

§. 949. Die uralte Meinung, daß ſich das Waſſer in Erde verwandeln laſſe, die ſchon **Thales** behauptete, **Helmont**, **Boyle** und **Eller** durch Verſuche mit dem Wachſen der Pflanzen durch bloßes Waſſer, **Borricke**, **Boyle**, **Wallerius**, **Eller**, **Marggraf** durch Deſtillation des Waſſers aus gläſernen Gefäßen, oder durch Reiben deſſelben beweiſen wollten, hat ſich bey genauerer Unterſuchung von **Lavoiſier** und **Scheele** nicht beſtätigt.

Lavoiſiers phyſ. chemiſche Schriften, überſ. von Weigel, B. II. 1785. S. 29. ff. in den Anm. der Ueberſ., wo man die hieher gehörigen Schriften angezeigt findet.

Kohlenſtoff. Kohlenſäure.

§. 950. Die **reine Kohle** oder der **Kohlenſtoff** (Carboneum, *Carbone*) iſt eine einfache, entzündliche Subſtanz. Sie iſt feuerbeſtändig, geſchmacklos, unauflöslich im Waſſer, Oehlen und Alcohol, unſchmelz-

ſchmelzbar, unzerſtörbar im heftigſten Feuer, wenn die Luft davon ausgeſchloſſen iſt. Die gemeine Holzkohle iſt freylich nicht durchaus reiner Kohlenſtoff, ſondern enthält außer etwas Waſſerſtoff noch erdige und ſalzige Theile, die ihre Aſche beym Verbrennen bilden. Man erhält einen reinern Kohlenſtoff aus Lampenſchwarz und Kienruß, wenn man dieſe in bedeckten Gefäßen heftig ausglühet.

§. 951. Der Kohlenſtoff exiſtirt in großer Menge in der Natur; er macht den größten Antheil aller thieriſchen und vegetabiliſchen Stoffe und der Erdharze aus; er findet ſich in verſchiedenen Steinarten, im Roheiſen und Stahle; bildet hauptſächlich das Reißbley, und iſt, wie wir gleich ſehen werden, das Radical der ſo häufig verbreiteten Kohlenſäure.

§. 952. Der Kohlenſtoff erfordert zu ſeiner Entzündung in atmoſphäriſcher Luft und Sauerſtoffgas eine hohe Temperatur des Glühens, und verbrennt ohne Flamme. Unternimmt man dieſes Verbrennen mit einer vorher wohl ausgeglüheten Holzkohle unter einer mit Sauerſtoffgas gefüllten und mit Queckſilber geſperrten Glasglocke, ſo daß man etwas Zunderſchwamm und Phosphor an die Kohle geklebt hat, und dieſe durch ein Brennglas von außen vermittelſt des Sonnenfeuers anzündet; ſo findet man, daß die elaſtiſche Flüſſigkeit unter der Glocke dabey nicht verſchwindet, wie beym Verbrennen des Phosphors, ſondern daß vielmehr eine eigene Gasart ſich bildet, die nicht zum Athemhohlen und zur Unterhaltung des Ver-

Verbrennens dient, die vom kalten Waſſer langſam, ſchneller von der Lauge ätzender Alkalien und vom Kalkwaſſer verſchluckt wird, das letztere trübt, das reine Waſſer ſäuerlich macht, ſo daß es die Lackmustinctur röthet. Läßt man alſo nach Beendigung des Verſuchs Aetzlauge über das Queckſilber treten, ſo nimmt das Luftvolum ab, und was zurück bleibt, iſt der Antheil Sauerſtoffgas, der dem Einfluſſe der Kohle beym Verbrennen entging.

§. 953. Es verzehren bey dieſem Verſuche nach Lavoiſiers genauer Beſtimmung 28 Theile Kohlenſtoff 72 Theile Sauerſtoffgas, (dem Gewicht nach,) und es bilden ſich daraus zuſammen 100 Theile dieſer eigenthümlichen Gasart, die von Kalkwaſſer oder Aetzlauge abſorbirt wird.

Lavoiſier über die Bildung der feſten Luft, der Kreidenſäure, oder beſſer der Kohlenſäure; in Crells chem. Annalen, 1788. B. I. S. 552. ff. B. II. S. 55. Deſſelben traité élément. S. 67. ff.

§. 954. Dieſe bey dem Verbrennen der Kohle aus dem Sauerſtoffe und dem Kohlenſtoffe offenbar erzeugte Luft heißt kohlenſaures Gas (Gas carbonicum, *Gaz acide carbonique*). *) Es unterſcheidet ſich durch ſein größeres eigenthümliches Gewicht (S. 253.); durch ſeine Unfähigkeit zum Athemhohlen und zur Unterhaltung des Verbrennens; durch ſeine Acidität; dadurch, daß es vom Waſſer eingeſogen wird und das Kalkwaſſer trübt.

*) Synonyma: fixe Luft (Aër fixus), Luftſäure (Gas acidum aëreum), Kreidenſäure (Gas acidum cretae).

§. 955. Die ponderabele Baſis dieſes Gas iſt die Verbindung des ſeines Brennſtoffs beraubten Kohlenſtoffes mit dem Sauerſtoffe, oder die Kohlenſäure (Acidum carbonicum, *Acide carbonique*). Dieſe Kohlenſäure iſt bey dem Drucke der Luft und der Temperatur, wobey wir leben, gasförmig; bey ihrer Erzeugung und ihrem Freywerden nimmt ſie alſo gleich Gasgeſtalt an. Die Abſorption des Gas durch Waſſer, Kalkwaſſer, Aetzlauge iſt eine Zerſetzung deſſelben, indem ihre Baſis dadurch vom Wärmeſtoffe getrennt wird.

§. 956. Kaltes Waſſer kann etwa ein gleiches Volum des kohlenſauren Gas einſaugen. Dieſes **kohlenſaure Waſſer** (**luftſaure Waſſer**) hat einen ſchwach-ſäuerlichen Geſchmack, färbt die Lackmustinctur roth, und wirft Blaſen, wenn man es ſchüttelt. Es kommt dieſes Waſſer hierin mit den **natürlichen Sauerbrunnen**, dergleichen das Pyrmonter-, Selter-, Eger-Waſſer u. a. m. ſind, überein, die ſich freylich ſo wohl von einander ſelbſt, als von reinem kohlenſauren Waſſer durch andere aufgelöſ'te Beſtandtheile unterſcheiden. Durch Erhitzung und Kochen wird alle Kohlenſäure aus dem Waſſer wieder als elaſtiſche Luft ausgetrieben, eben ſo auch durch die Luftpumpe. Vermöge dieſer Kohlenſäure iſt das Waſſer fähig, auch andere Subſtanzen, z. B. Erden und Eiſen, aufzulöſen, die es für ſich nicht auflöſen kann. Beyſpiele geben die kohlenſauren Stahlbrunnen, wie das Pyrmonter- und Eger-Waſſer. Um die Anſchwängerung des Waſſers mit der Kohlenſäure

bequem zu verrichten, dient die Parkerſche Glasgeräthſchaft (§. 611.).

Torbern Bergman de acido aëreo; in ſeinen *opusc. phyſ. chem.* Vol. I. S. 1.

§. 957. Mit den reinen Alkalien und der reinen Kalkerde verbindet ſich die Baſis des kohlenſauren Gas oder die Kohlenſäure ſehr leicht und gern, und beyde verlieren dadurch ihre Aetzbarkeit (§. 876. 902.) und kommen in einen neutral- und mittelſalzigen Zuſtand. Miſcht man kohlenſaures Gas zum Kalkwaſſer (§. 901.), ſo wird dieſes ſogleich getrübt, weil die darin aufgelöſ'te reine Kalkerde die Kohlenſäure in ſich nimmt, ſich dadurch in kohlenſaure Kalkerde verwandelt, die als ſolche im Waſſer nicht auflösbar iſt; ein Ueberſchuß von Kohlenſäure macht indeſſen die kohlenſaure Kalkerde wieder im Waſſer auflöslich, oder, welches einerley iſt, kohlenſaures Waſſer löſ't die kohlenſaure Kalkerde auf. Dieſe Auflöſung wird durch Kochen zerſetzt. Die Kalkerde hat gegen die Kohlenſäure nähere Verwandtſchaft als die Alkalien dagegen haben; und jene entzieht daher dieſelbe den kohlenſauren Alkalien und macht ſie ätzend. Kalkwaſſer wird eben deswegen vom kohlenſauren Alkali ſogleich getrübt. Ammoniakgas (§. 882.) und kohlenſaures Gas geben ſogleich eine feſte Materie, kohlenſaures Ammoniak.

§. 958. Die Kohlenſäure macht einen Beſtandtheil ſehr vieler Körper aus. Sie macht nicht nur in den Sauerbrunnen (§. 956.), ſondern auch in den mouſſirenden Weinen und im Bouteillenbiere das

Schäu-

Schäumende, und bildet ſich bey jeder Weingährung, wo ſie in dem ſo genannten Gäſch enthalten iſt. Sie erzeugt ſich beym Athemhohlen, und die ausgehauchte Luft enthält immer kohlenſaures Gas; ſie erzeugt ſich ferner beym Verbrennen und der trockenen Deſtillation aller vegetabiliſchen und thieriſchen Subſtanzen. Sie befindet ſich in mehrern Foſſilien, wie in den ſo genannten rohen Kalkerden (§. 900.), die alle kohlenſaure Kalkerde ſind, z. B. Kreide, Kalkſpath, gemeiner Kalkſtein, Marmor; ſie kann durch jede andere Säure daraus ausgetrieben werden, und ſie erzeugt eben das Aufbrauſen (§. 190.) derſelben mit andern ſtärkern Säuren. Sie läßt ſich auch durch Glühen im Feuer daraus austreiben, und darauf beruhet das Brennen des Kalkes (§. 900.). Von dem in der Atmoſphäre befindlichen kohlenſauren Gas rühren die Veränderungen her, welche Kalkwaſſer und gebrannter Kalk mit der Zeit an der Luft erfahren (§. 902.).

§. 959. Man hat daher mehrere Mittel, ſich das kohlenſaure Gas zu verſchaffen. Man gieße in eine Entbindungsflaſche auf gepulverte Kreide verdünnte Schwefelſäure, ſo entſteht ein ſtarkes Aufbrauſen, das von der entwickelten Kohlenſäure herrührt. Man bringe die Mündung der Seitenröhre der Flaſche unter den Trichter der mit Waſſer gefüllten Wanne und laſſe die aufſteigenden Luftblaſen in die Vorlage treten. — Oder man fülle eine kleine irdene beſchlagene Retorte mit rohem Kalkſteine, Kreide, Marmor, u. dergl. Kalkarten an, kütte eine Röhre an die Mündung

dung der Retorte, lege das untere Ende der Röhre unter den Trichter der Wanne des pneumatiſchen Apparats, und erhitze dann die Retorte bis zum Glühen, ſo geht während des Glühens das kohlenſaure Gas in die Vorlage über.

§. 960. Bey dem Verbrennen der Kohle in atmoſphäriſcher Luft bleibt alſo nicht bloß Stickgas übrig, ſondern zu gleicher Zeit das neu erzeugte kohlenſaure Gas, und es läßt ſich hieraus die Schädlichkeit des ſo genannten **Kohlendampfes**, eigentlich des Brennens der Kohlen, auch der reinſten, in verſchloſſenen Zimmern für die Geſundheit und das Leben der Menſchen leicht beurtheilen.

§. 961. Der Kohlenſtoff beſitzt in der Temperatur des Glühens eine nähere Verwandtſchaft zum Sauerſtoffe, als andere einfache verbrennliche Subſtanzen dagegen haben, und er entzieht ſie ihnen alsdann oder desoxidirt ſie. So zerſetzt er daher auch das Waſſer, und wenn man in dem oben (§. 915.) angeführten Experimente ſich ſtatt des Eiſens der Kohle bedient und die Waſſerdämpfe im Glühen durch ſie ſtreichen läßt, ſo erhält man Waſſerſtoffgas und kohlenſaures Gas. Die Kohle entzieht nämlich im Glühen dem Waſſer ſeinen Sauerſtoff, wird damit zur Kohlenſäure, die ſich als kohlenſaures Gas entwickelt, der Waſſerſtoff nimmt dagegen den Brennſtoff der Kohle auf, und geht als Waſſerſtoffgas über.

Schwefel. Schwefelſäure.

§. 962. Der Schwefel (Sulphur, *Soufre*) iſt eine einfache, entzündliche, ſäuerbare Subſtanz, von einer gelben Farbe; unauflöslich im Waſſer; geruchlos, außer wenn er gerieben oder erhitzt wird, von einem eigenthümlichen; aber ſchwachen, Geſchmacke.

§. 963. Der Schwefel wird in der Wärme erſt weich, ehe er ſchmilzt, und dieſes Schmelzen geſchieht bey 224° Fahrenh. Bey dieſer Hitze und etwas darüber fängt er an, zu Dämpfen aufgelöſ't zu werden, an denen man im Dunkeln ſchon ein Leuchten wahrnimmt. Wenn der geſchmolzene Schwefel in nicht zu kleinen Maſſen ruhig erkaltet, ſo kryſtalliſirt er ſich leicht in zarten Nadeln. Der natürliche kommt gewöhnlich in octaedriſchen Kryſtallen, doch mit verſchiedenen Abänderungen, kryſtalliſirt vor.

§. 964. Im Anfange des Schmelzens iſt der Schwefel ſehr flüſſig; er wird aber bey weiterm Erhitzen zäher und rothbraun von Farbe, in welchem Zuſtande er ſchon einen Antheil Sauerſtoff aufgenommen hat und damit in den Anfang einer Säurewerdung tritt (*Oxide de ſoufre*). Wenn man ihn jetzt ins Waſſer gießt, ſo bleibt er weich, wie Wachs, und nimmt leicht allerley Eindrücke an. Mit der Zeit erhärtet er und erhält ſeine vorige Farbe und Conſiſtenz wieder.

§. 965. Wenn man von dem geſchmolzenen Schwefel zur Verhütung der Entzündung den Zugang

gang der freyen Luft abhält, ſo ſteigt er als Dampf in die Höhe und legt ſich bey der Sublimation als kleine zarte Nadeln an, welche man Schwefelblumen, Schwefelblüthen (Flores ſulphuris) nennt.

§. 966. Erhitzt man den geſchmolzenen Schwefel beym Zutritte der Luft ſtärker, ſo entzündet er ſich und brennt, ohne einen Rückſtand zu hinterlaſſen, mit Flamme und einem ſauern und erſtickenden Dunſte. Der Schwefel wird bey dieſem Verbrennen zu einer Säure. Iſt die Hitze, wobey der Schwefel verbrennt, nur ſchwach, ſo iſt die Flamme des Schwefels blau, und die Säure, die ſich erzeugt, iſt unvollkommen (§. 872.), ſehr flüchtig und gasförmig; iſt aber die Hitze ſtärker, ſo wird die Flamme des Schwefels weißer und lebhafter, und nun bildet ſich vollkommene Schwefelſäure in Dunſtgeſtalt.

§. 967. Man nehme Schwefelfäden, lege ſie in eine blecherne Kapſel, die in einer Schaale auf Waſſer ſchwimmt, zünde ſie an, und ſtürze nun eine Glocke mit Sauerſtoffgas gefüllt darüber. Es verbrennt nur ein Antheil Schwefel, das Sauerſtoffgas wird zerſetzt, und es ſteigt das Waſſer in der Glocke empor. Es wird hierbey nicht alles Sauerſtoffgas verzehrt, wenn es auch ganz rein iſt, weil der Schwefel früher verliſcht, vermöge des Dunſtes von der Säure und dem ſchwefligtſauren Gas, das ſich bildet. Das in die Glocke aufgeſtiegene Waſſer iſt nun ſauer und röthet die Lackmustinctur ſogleich. Es enthält freylich nicht bloß vollkommene, ſondern auch unvoll-

kommene Schwefelſäure (§. 966.), die ſich aber mit der Zeit an der Luft in die erſtere verwandelt.

§. 968. Nach Herrn **Berthollet** nehmen 69 Theile Schwefel beym Verbrennen 31 Theile Sauerſtoff auf, und bilden damit 100 Theile waſſerfreye Schwefelſäure; indeſſen iſt dieſe Beſtimmung noch nicht ganz genau genug.

Lavoiſier traité élément. S. 66. 72. 240. Berthollet über die Schwefelſäure; in Crells chem. Annalen. 1789. B. I. S. 330. ff. Ebendeſſelben Fortſetzung der Verſuche über die Schwefelſäure; ebendaſelbſt 1790. B. I. S. 457. ff.

§. 969. Die **Schwefelſäure** (Acidum ſulphuricum, *Acide ſulfurique*), die man ſonſt auch **Vitriolſäure** (Acidum vitrioli, vitriolicum) nennt, iſt alſo das geſättigte Product aus der Verbindung des ſeines Brennſtoffes beraubten Schwefels mit dem Sauerſtoffe. Man gewinnt ſie im Großen ebenfalls durchs Verbrennen des Schwefels. Die concentrirte Schwefelſäure führt im Handel auch den Namen des **Vitriolöhls** (Oleum vitrioli). Man bereitet dieſe concentrirte Schwefelſäure auch durch Deſtillation aus dem **grünen Vitriole**, der die Verbindung derſelben mit Eiſen iſt, nachdem man ihn durch Brennen bis zur rothen Farbe von ſeinem vielen Kryſtallenwaſſer (§. 859.) befreyet hat.

§. 970. Das Vitriolöhl iſt eine ſehr ſtarke Säure; es brennt und äzt in die Haut ein. Im reinen Zuſtande iſt es farbenlos und geruchlos; es wird aber durch leicht verbrennliche Dinge des Thier= und Pflanzenreichs mehr oder weniger braun und ſchweflig riechend, wie das verkäufliche gewöhnlich iſt. Sein eigen=

genthümliches Gewicht geht von 1,800 bis 2,000. Es iſt ziemlich feuerbeſtändig und erfordert zum Sieden eine ſtarke Hitze. Eben deshalb läßt ſich ſchwächeres Vitriolöhl durch Abdunſten des Wäſſerigen ſtärker machen. Das ſtärkſte Vitriolöhl enthält indeſſen immer noch Waſſer. Mit Waſſer vermiſcht, erhitzt es ſich ſehr ſtark.

§. 971. Die Schwefelſäure liefert mit den Alkalien und alkaliſchen Erden eigenthümliche Neutral- und Mittelſalze. Wir merken hier das **ſchwefelſaure Gewächsalkali** (**vitrioliſirter Weinſtein**), das **ſchwefelſaure Mineralalkali** (**Glauberſalz**), die **ſchwefelſaure Kalkerde** (**Gyps oder Selenit**), die **ſchwefelſaure Schwererde** (**Schwerſpath**), die **ſchwefelſaure Talkerde** (**Bitterſalz**) und die **ſchwefelſaure Thonerde** (**Alaun**).

§. 972. Der Schwefel iſt eines verſchiedenen Grades der Säurung (*Oxygénation*) fähig (§. 872.). In der Schwefelſäure iſt er mit Sauerſtoff geſättigt oder faſt geſättigt, und ſie wird daher als vollkommene Säure angeſehen; bey einem mindern Gehalte an Sauerſtoff liefert der Schwefel eine Säure von anderer Natur und andern Eigenſchaften, die als unvollkommene Schwefelſäure anzuſehen iſt, und die ich **ſchwefligte Säure** (Acidum ſulphuroſum, *Acide ſulfureux*) *) nenne.

*) Synonyma: phlogiſtiſirte Vitriolſäure (Acidum vitrioli phlogiſticatum), flüchtige Schwefelſäure (Acidum ſulphuris volatile), flüchtige Vitriolſäure (Acidum vitrioli volatile).

§. 973. Man erhält dieſe ſchwefligte Säure beym ſchwachen Verbrennen des Schwefels, wobey

er

er mit einer blauen Flamme verbrennt. Die Säure, die ſich hierbey bildet, iſt weit ſchwächer an Acidität und ſehr flüchtig, wie ſchon der erſtickende Geruch zeigt, der ſich bey dieſem Verbrennen äußert, ſo daß ſie bey dem Ausſchluſſe der Feuchtigkeit ſogar in Gasform erſcheint.

§. 974. Man gewinnt dieſe ſchwefligte Säure auch, wenn man zu der Schwefelſäure einen Körper ſetzt, der durch ſeine Anziehung zum Sauerſtoffe dem Schwefel einen Antheil davon entzieht. Bringt man etwas Baumöhl mit dem Vitriolöhle zuſammen, ſo erzeugt ſich ſogleich ſchwefligte Säure, und es verbreitet ſich ein Geruch, wie vom brennenden Schwefel. Eben dies geſchieht, wenn man eine glühende Kohle in Vitriolöhl ablöſcht. In beyden Fällen entzieht der Kohlenſtoff der Schwefelſäure einen Antheil Sauerſtoff, wobey ſich dann zugleich kohlenſaures Gas erzeugt.

§. 975. Am reinſten erhält man die ſchwefligte Säure durch Auflöſen verſchiedener Metalle im Vitriolöhle vermittelſt der Siedhitze. Man ſchütte zu dem Ende gleiche Theile Queckſilber und Vitriolöhl in eine gläſerne Retorte, die mit der pneumatiſchen Queckſilberwanne in Verbindung iſt, und erhitze das Gemenge im Sandbade bis zum Sieden. Das Queckſilber entzieht in dieſer Hitze der Schwefelſäure von ihrem Sauerſtoffe und wird dadurch verkalkt; die Schwefelſäure hingegen verwandelt ſich in ſchwefligte Säure und geht in Gasform in die Vorlagen über.

§. 976. Dieſes Gas heißt ſchwefligtſaures Gas (Gas ſulphuroſum, *Gaz acide ſulfureux*). *) Es

iſt

iſt ſpecifiſch ſchwerer, als atmoſphäriſche Luft (ſ. oben S. 253.). Es hat einen erſtickenden Geruch und ſchwach-ſäuerlichen Geſchmack, iſt irreſpirabel, und unfähig, das Verbrennen zu unterhalten. Es läßt ſich nicht vom Waſſer ſperren, ſondern dies ſaugt es ein, oder eigentlicher, es zerſetzt es, und entzieht die ſchwefligte Säure dem Wärmeſtoffe.

*) Synonyma: vitriolſaure Luft (Aër acidus vitriolicus), Schwefelluft, Schwefelgas (Aër ſulphureus, Gas ſulphureum).

§. 977. Das Waſſer, welches die ſchwefligte Säure aufgelöſ't hat, iſt nun als liquide ſchwefligte Säure anzuſehen. Es beſitzt den ſchwefligten Geruch und einen ſäuerlichen Geſchmack. Es röthet zwar den Violenſyrup, zerſtört aber doch ſeine Farbe endlich ganz. Die Tinctur der Roſenblätter und mehrere Pigmente verlieren dadurch ihre Farbe gänzlich. Hierauf gründet ſich auch das Schwefeln der Seide, um ſie weiß zu machen.

§. 978. An der Luft nimmt die ſchwefligte Säure nach und nach wieder mehr Sauerſtoff aus der Lebensluft an, verliert ſo ihre charakteriſtiſchen Merkmale und wird wieder zur Schwefelſäure.

§. 979. Waſſer und Schwefel haben keine wechſelſeitige Wirkung auf einander, und es ſcheint nicht, daß der Schwefel für ſich, auch in höhern Temperaturen, das Waſſer zerlegen könne. Der Sauerſtoff iſt alſo dem Waſſerſtoffe näher verwandt, als dem Schwefel.

§. 980. Stickſtoff und Kohlenſtoff haben auch keine bemerkbare Verwandtſchaft zum Schwefel; der Waſſerſtoff aber kann damit Vereinigung eingehen, wie wir gleich weiter anführen werden.

§. 981. Ein vorzügliches Auflöſungsmittel für den Schwefel ſind die Alkalien, ſo wohl auf naſſem, als auf trocknem Wege. Wenn man gleiche Theile ätzendes Gewächsalkali oder Mineralalkali und Schwefel in einem bedeckten Tiegel bey mäßigem Feuer ſchmelzt, ſo erhält man ein Gemiſch, das nach dem Erkalten eine leberbraune Farbe hat, und ſo lange es trocken bleibt, geruchlos iſt, beym Anfeuchten aber ſogleich einen Geruch wie nach faulen Eyern entwickelt, an der Luft zerfließt, und ſich völlig im Waſſer mit goldgelber Farbe auflöſ't. Dieſe Verbindung heißt **Schwefelleber** (Hepar ſulphuris). Ich nenne ſie in der methodiſchen Nomenclatur **Schwefelalkali** (Alcali ſulphuratum, *Sulfure d'alcali*).

§. 982. Wenn man zur Auflöſung des Schwefelalkali in Waſſer eine Säure ſchüttet, ſo wird wegen der nähern Verwandtſchaft des Alkali zur Säure der Schwefel geſchieden, und zwar in Geſtalt eines zarten weißen Pulvers, das man **Schwefelmilch** (Lac ſulphuris, Magiſterium ſulphuris) nennt. Beym Zuſatze der Säure zum Schwefelalkali wird der übele Geruch, den die Auflöſung des letztern ſchon hat, noch viel unerträglicher und ſtärker. Wendet man trockenes Schwefelalkali an, ſo entſteht ein Aufbrauſen, das bey der Vermiſchung der Säure mit der wäſſe-

wäſſerigen Auflöſung des reinen Schwefelalkali in der Kälte nicht wahrzunehmen iſt. Jener Geruch rührt von der Entwickelung und Verbreitung eines eigenen Gas her, das eine nähere Betrachtung verdient.

§. 983. Man nehme friſch bereitetes, gepulvertes Schwefelalkali, ſchütte es in eine gläſerne Tubulatretorte, die im erwärmten Sandbade liegt, und deren Hals mit dem pneumatiſchen Apparate in Verbindung iſt; man gieße darauf verdünnte Schwefelſäure, und bringe alles nach und nach zum Kochen. Bedient man ſich hierbey der mit Waſſer gefüllten Wanne, ſo iſt es gut, wenn das Waſſer darin warm iſt.

§. 984. Dieſes ſo erhaltene Gas heißt **ſchwefelhaltiges Waſſerſtoffgas** (Gas hydrogenium ſulphuratum, *Gaz hydrogène ſulfuré*). *) Es unterſcheidet ſich durch einen ſehr unangenehmen Geruch, iſt irreſpirabel, löſcht ein hineingebrachtes Licht aus, iſt aber ſelbſt entzündlich, und brennt in Vermiſchung oder Berührung des Sauerſtoffgas nach der Entzündung; auch durch den electriſchen Funken läßt es ſich anzünden, wenn es mit Sauerſtoffgas vermiſcht iſt. Wenn man das Gas mit Lebensluft zuſammen in einem Glaſe genau verſchließt und ſtehen läßt, ſo findet man nach einiger Zeit das ſchwefelhaltige Waſſerſtoffgas zerſetzt, und einen dünnen Ueberzug von Schwefel an den Wänden des Gefäßes.

*) Synonyma: Hepatiſches Gas, Schwefelleberluft (Gas hepaticum, Aër hepaticus).

§. 985.

§. 985. Kaltes Waſſer ſaugt das ſchwefelhaltige Waſſerſtoffgas nach und nach ein und erlangt davon den Geruch und Geſchmack des letztern. Das damit geſättigte Waſſer kommt mit den ſo genannten **Schwefelwaſſern oder Schwefelbädern** (Thermae hepaticae) überein, dergleichen das Aachner iſt, und man kann vermittelſt der Parkerſchen Glasgeräthſchaft (§. 611.) dieſe Waſſer künſtlich nachahmen. An der Luft werden dieſe Waſſer trübe, und es ſcheidet ſich Schwefel daraus ab; ſie machen den Veilchenſaft grünlich; ſie trüben das Kalkwaſſer nicht, außer wenn ſie zugleich Kohlenſäure enthalten; ſie verlieren durchs Kochen ihren Geruch und Geſchmack und ihren Schwefelgehalt.

§. 986. Die Baſis des jetzt beſchriebenen Gas iſt brennbarhaltiger Waſſerſtoff und Schwefel. Durch die Verbindung des Schwefels mit Alkalien und alkaliſchen Erden erhält nämlich derſelbe das Vermögen, das Waſſer durch Anziehung des Sauerſtoffes zu zerſetzen, was er für ſich allein nicht vermag (§. 979.). So wie alſo Schwefelalkali mit dem Waſſer in Berührung kommt, ſo entzieht es ihm Sauerſtoff, der mit einem Theile des Schwefels zur Schwefelſäure wird, die mit der alkaliſchen Subſtanz in Verbindung geht, während der Brennſtoff dieſes zur Schwefelſäure werdenden Schwefels an den Waſſerſtoff tritt. Dieſer frey werdende Waſſerſtoff des Waſſers nimmt einen Antheil Schwefel auf, und bildet damit die Baſis unſeres Gas, die aber von dem frey gewordenen Antheile des Alkali zurückgehalten und erſt beym

Zuſatze

Zuſatze einer Säure und durch Hülfe der Wärme daraus frey wird und als Gas entweicht. Wenn auf das trockene Schwefelalkali eine verdünnte Säure gegoſſen wird, ſo iſt es nur das Waſſer der Säure, was unſer Gas bilden hilft, und die Säure trägt weiter nichts bey, als daß ſie die Baſis des Gas vom Alkali, wovon ſie aufgelöſ't wird, entbindet. — Die Zerſetzung des ſchwefelhaltigen Waſſerſtoffgas durch Sauerſtoffgas läßt ſich daraus erklären, daß der Waſſerſtoff und der Sauerſtoff ſich dabey anziehen und Waſſer bilden, wobey der Schwefel niedergeſchlagen wird. Eben dies iſt der Grund, warum das Waſſer, welches ſchwefelhaltiges Waſſerſtoffgas aufgelöſ't enthält, an der freyen Luft Schwefel fallen läßt.

§. 987. Das im Waſſer aufgelöſ'te Schwefelalkali erfährt beym Zutritte der freyen Luft eine gänzliche Zerſetzung; die vorher klare Auflöſung wird trübe, es ſchlägt ſich Schwefel nieder, und die übrige Lauge enthält endlich noch bloß ſchwefelſaures Alkali mit mehr oder weniger kohlenſaurem verbunden. Auch das trockene Schwefelalkali verwittert an der freyen Luft und verliert alle ſeine eigenthümlichen Eigenſchaften, ſo daß endlich bloß ſchwefelſaures Alkali mit mehr oder weniger kohlenſaurem Alkali und Schwefel vermengt, übrig bleibt.

§. 988. Läßt man Schwefelalkali in einer Schaale unter einer mit Sauerſtoffgas gefüllten und mit Waſſer geſperrten Glasglocke ſtehen, ſo findet man,

daß

daß das Sauerſtoffgas nach und nach verſchwindet, während das Schwefelalkali die vorhin angezeigten Veränderungen erfährt. Eben wegen dieſer Wirkung des Schwefelalkali auf die Lebensluft bediente ſich **Scheele** derſelben auch als eudiometriſches Mittel (§. 850.). Hr. Guyton (Morveau) hat neuerlich die Anwendung des Schwefelalkali dazu von neuem empfohlen und die Verfahrungsart dabey vortheilhaft abgeändert.

Beſchreibung eines neuen Eudiometers, von Guyton (Morveau); in Grens neuem Journ. d. Phyſ. B. III. S. 138. ff.

§. 989. Der Grund der wechſelſeitigen Einwirkung des Schwefelalkali und des Sauerſtoffgas liegt in der Anziehung des Schwefels zum Sauerſtoffe, und des Waſſerſtoffes zu eben demſelben, und es iſt hieraus leicht zu erklären, warum das Schwefelalkali mit der Zeit zum ſchwefelſauren Alkali werden kann. Ein anderer Grund von der Zerſtörung der Schwefelleber in der atmoſphäriſchen Luft iſt in der Kohlenſäure zu ſuchen, die ſich in letzterer findet, vom Alkali nach und nach angezogen wird, und es kohlenſauer macht, wodurch es nun unfähig wird, den Schwefel aufgelöſ't zu erhalten, der ſich alſo niederſchlagen muß.

§. 990. Die Verwandlung der Schwefelſäure in ſchwefligte Säure durch die oben (§. 974. f.) angegebenen Mittel iſt ſchon eine Zerſetzung derſelben, aber nur eine unvollkommene. Soll derſelben aller Sauerſtoff entzogen und folglich der Schwefel daraus wieder dargeſtellt werden, ſo iſt erforderlich, daß der Kohlenſtoff, durch deſſen ſtärkere Anziehung zum

Sauer-

Sauerſtoffe dieſe Zerlegung vorzüglich bewerkſtelligt werden kann, in der Temperatur der Glühehitze darauf wirken könne, und daß folglich die Schwefelſäure ſo fixirt ſey, um dieſen Grad der Hitze ertragen zu können. Das letztere iſt der Fall, wenn ſie an ein feuerbeſtändiges Alkali oder an eine Erde gebunden iſt.

§. 991. Wenn man demnach gleiche Theile feuerbeſtändiges Alkali und ſchwefelſaures Gewächsalkali mit dem vierten Theile des Gewichts des Ganzen Kohlenſtaub innigſt vermengt, und in einem bedeckten Schmelztiegel ſchmelzen läßt; ſo erhält man wirklich Schwefelalkali, aus dem man nach dem Auflöſen im Waſſer und Durchſeihen den Schwefel durch eine Säure fällen kann.

§. 992. In dieſem Prozeſſe nimmt die Kohle bey der Temperatur des Glühens, kraft ihrer ſtärkern Verwandtſchaft, den Sauerſtoff der Schwefelſäure in ſich, und entweicht als kohlenſaures Gas, während ihr Brennſtoff wieder zum Schwefel geht; der wiederhergeſtellte Schwefel geht mit dem Alkali in Verbindung, wodurch er nachher durch eine Säure wieder geſchieden werden kann.

§. 993. Auf dieſen Uebergang der Schwefelſäure in Schwefel durch glühende Kohle gründet ſich auch die Entſtehung des **bononiſchen Leuchtſteins** (Phosphorus bononienſis) aus Schwerſpath, an welchem **Vincenzo Caſciarolo** die leuchtende Eigenſchaft zuerſt beobachtete. Man macht Schwerſpath in einem Schmelztiegel erſt rothglühend, reibt ihn

dann

dann in einem ſteinernen oder gläſernen Mörſer zu einem feinen Pulver, vermengt dies mit etwas Traganthſchleim, bildet daraus dünne Scheiben und allerley Figuren, die man trocknet, und dann zwiſchen Kohlen in einem gut ziehenden Windofen ſtark glühet und ſie nach verzehrten Kohlen herausnimmt. Sie leuchten im Dunkeln, wenn man ſie vorher eine Zeit lang am Tageslichte liegen läßt. Ihre leuchtende Kraft verliert ſich mit der Zeit. Beym Befeuchten mit Waſſer äußern ſie einen Geruch nach ſchwefelhaltigem Waſſerſtoffgas. — Es iſt mir höchſt wahrſcheinlich, daß dieſes leuchten ein ſchwaches Verbrennen des Schwefels ſey, der in dieſem Prozeſſe aus der Schwefelſäure gebildet wird und mit der Schwererde in Vereinigung iſt, in welcher Vereinigung er weit geneigter iſt, als für ſich allein das Sauerſtoffgas zu zerſetzen. Die Entwickelung des Wärmeſtoffes iſt hierbey für die einzelnen Augenblicke der Beobachtung zu unbeträchtlich, als daß ſie wahrgenommen werden könnte.

§. 994. Eine gleiche Bewandtniß hat es auch mit **Cantons Lichtmagnet** oder **Phosphorus**, den man am ſicherſten ſo verfertigt, daß man gleiche Theile Auſterſchaalen und Schwefel aufs innigſte und feinſte vermengt, und in einem bedeckten Schmelztiegel einige Stunden lang in der Weißglühehitze erhält. Die zuſammengebackene weiße Maſſe zerbricht man in kleine Stücke und ſchüttet ſie in eine trockene Glasröhre, die man gut verſtopft. Man findet die Maſſe im Dunkeln leuchtend, wenn man ſie vorher dem Tageslichte eine kurze Zeit ausgeſetzt hat.

§. 995.

§. 995. Endlich gehört hierher noch **Hombergs Pyrophor** oder **Luftzunder**, der ſich an der freyen Luft, zumal wenn dieſe feucht iſt, von ſelbſt entzündet und mit einem Schwefelgeruche abbrennt. Man nimmt fünf Theile gebrannten Alaun und einen Theil feines Kohlenpulver, vermengt es aufs genaueſte, ſchüttet es in eine kleine irdene Flaſche mit einer engen Mündung, ſo daß ſie etwa bis zu zwey Drittel angefüllt wird, umſchüttet ſie bis an den Hals in einem Tiegel mit Sande und ſtellt dieſen ins Feuer. Man erhitzt alles ſtufenweiſe bis zum Glühen der Flaſche. Es bildet ſich nun Schwefel, der ſich ſublimirt und an der Mündung der Flaſche mit einer blauen Flamme brennt. Wenn man die Flamme an der Mündung nicht weiter wahrnimmt, ſo iſt der Pyrophor fertig. Man verſtopft die Flaſche erſt mit einem gut paſſenden Thonſtöpſel, nimmt den Tiegel aus dem Feuer, und wenn die Flaſche mehr erkaltet iſt, verſchließt man ſie mit einem Korkſtöpſel recht feſt.

§. 996. Wenn man von dem gut gerathenen Pyrophorus etwas auf Papier ſchüttet, ſo erhitzt er ſich, zumal beym Anhauchen, und fängt dann ganz von ſelbſt Feuer. Er verbrennt unter einem ſtarken ſchwefligten Geruche. In nicht gut verwahrten Gefäßen verliert er ſeine Selbſtentzündlichkeit mit der Zeit.

§. 997. Es iſt durch Verſuche ausgemacht, daß der Alaun nur in ſo fern Pyrophorus gebe, als er Gewächsalkali enthält, und daß die Thonerde nichts

dazu

dazu beytrage. In der Glühehitze zerſetzt nun die Kohle die Schwefelſäure des Alauns und wird zum kohlenſauren Gas, welches austritt; die Schwefelſäure wird zum Schwefel, der ſich verflüchtigt und verbrennt. Das Gewächsalkali, das bey allem verkäuflichen Alaun iſt, fixirt indeſſen einen Antheil Schwefel und hält ihn zurück, zumal da die Calcinationshitze nicht bis zum gänzlichen Verfliegen alles Schwefels hinreicht; ferner bleibt die überflüſſig zugeſetzte Kohle ebenfalls übrig. Die Theile des Pyrophors ſind demnach höchſt trockenes, ätzendes Gewächsalkali, Schwefel, Kohle und Thonerde. An der feuchten Luft zieht das erſtere ſchnell Feuchtigkeit an, erhitzt ſich damit, und dieſe Hitze iſt hinreichend, den Schwefel zur Entzündung zu bringen, da er ohne dies bey ſeiner Verbindung mit alkaliſchen Subſtanzen zur Zerſetzung des Sauerſtoffgas weit mehr geneigt iſt; dieſe Entzündung des Schwefels im Pyrophor pflanzt ſich zu den damit vermengten Kohlentheilen fort.

Stickſtoff und deſſen Verbindung mit Sauerſtoff.

§. 998. Die ponderabele Baſis des Stickgas, deſſen wir ſchon in dem Vorhergehenden (§. 829.), als Rückſtand der atmoſphäriſchen Luft, deren Sauerſtoffgas durchs Verbrennen einer verbrennlichen Subſtanz zerſetzt worden iſt, erwähnt haben, heißt Stickſtoff (Azotum, *Azote*). *) Er iſt für ſich nicht darſtellbar, und bis jetzt unzerlegt. Bey der Tempe-

ratur

ratur und dem Drucke der Luft, wobey wir leben, erſcheint er in Verbindung mit dem Wärmeſtoffe gasförmig, als Stickgas.

*) Synonyma: Salpeterſtoff, Salpeterſäureſtoff.

§. 999. Das **Stickgas** ſelbſt unterſcheidet ſich von andern Gasarten ſehr charakteriſtiſch. Es dient weder zur Reſpiration für Thiere, noch zur Unterhaltung des Verbrennens. Es iſt unentzündlich; geruch- und geſchmacklos; wird weder vom Waſſer noch von alkaliſchen Flüſſigkeiten eingeſogen; und iſt etwas weniges ſpecifiſch leichter, als atmoſphäriſche Luft (S. 253.). In der Atmoſphäre macht es bey weitem den größeſten Antheil aus. Es findet ſich auch in der Schwimmblaſe der Fiſche.

§. 1000. Der Stickſtoff macht einen Grundſtoff ſehr vieler Körper des Pflanzenreichs, und beſonders des Thierreichs aus. Mit dem brennbarhaltigen Waſſerſtoffe bildet er zuſammen das Ammoniak (§. 885.), das nach **Berthollet** aus beynahe 0,4 Theilen Stickſtoff und 0,1 Theile Waſſerſtoff zuſammengeſetzt iſt. Das bey der trockenen Deſtillation und bey der Fäulniß thieriſcher und vegetabiliſcher Dinge zum Vorſcheine kommende Ammoniak iſt erſt ein Product aus dieſen genannten Grundſtoffen. Beym Verbrennen des Ammoniakgas mit Sauerſtoffgas (§. 885.) erhält man daher auch Waſſer und Stickgas.

§. 1001. Der Stickſtoff iſt eine ſäuerbare Subſtanz; er iſt der Verbindung mit Sauerſtoff fähig und liefert damit nach den verſchiedenen Graden der

Aufnahme des Sauerſtoffes verſchiedene Producte. Die geſättigte Verbindung des Stickſtoffes mit dem Sauerſtoffe giebt die **Salpeterſäure**; die minder geſättigte conſtituirt die unvollkommene Salpeterſäure, die ich **ſalpetrigte Säure** nenne; ein noch minderer Grad der Oxidirung macht die Baſis des **Salpetergas**, und der mindeſte die Baſis des **ſauerſtoffhaltigen Stickgas**.

Lavoiſier traité élém. T. I. S. 78. ff.

§. 1002. Die **Salpeterſäure** (Acidum nitricum, *Ac. nitrique*) macht einen Beſtandtheil des **Salpeters** aus, worin ſie mit dem Gewächsalkali zum Neutralſalze verbunden iſt, und man kann ſie vermittelſt der Schwefelſäure, die eine nähere Verwandtſchaft zum Gewächsalkali hat, daraus austreiben. Wenn man nämlich Vitriolöhl auf Salpeter gießt, ſo entſteht ein Aufbrauſen und Erhitzung, und es wird ſogleich eine Menge eines rothgelben ſcharfen Rauchs entbunden, der ſich durch Deſtillation zu einer tropfbaren Flüſſigkeit verdichten läßt. Die hierbey geſammelte Säure heißt auch **rauchender Salpetergeiſt** (Spiritus nitri fumans *Glauberi*). Ihr eigenthümliches Gewicht iſt bis 1,583; ſie ſtößt bey Berührung der Luft röthlichgelbe Nebel aus, womit auch der übrige Raum in den Standflaſchen, worin man ſie aufbewahrt, erfüllt iſt. Sie zieht Feuchtigkeit ſtark an; erhitzt ſich bey der Vermiſchung mit Waſſer, wobey die Entwickelung der röthlichen Nebel noch weit häufiger wird. Bey dieſer Verdünnung mit Waſſer wird

ſie

ſie erſt grün, bey noch mehrerm zugeſetzten Waſſer blau, und zuletzt verſchwindet alle Farbe.

§. 1003. Die gelbe oder röthliche Farbe, und die Eigenſchaft, röthlichgelbe Nebel auszuſtoßen, kommen der vollkommenen Salpeterſäure, als ſolcher, nicht zu, ſondern ſetzt ſchon eine Modification derſelben voraus und rührt von minder vollkommener Salpeterſäure her. Wenn man daher die rauchende Salpeterſäure aus einer gläſernen Retorte im Sandbade bey ganz gelindem Feuer nochmals deſtillirt, ſo erhebt ſich der rauchende Theil zuerſt, und der Rückſtand verliert endlich alle ſeine Farbe und ſeine rauchende Beſchaffenheit. Eben ſo wird dieſe flüchtigere rauchende Säure bey der Vermiſchung mit Waſſer von der übrigen vollkommenen Säure geſchieden, und die farbenloſe verdünnte Säure iſt nun als die reine vollkommene Salpeterſäure anzuſehen. Die verdünnte Salpeterſäure heißt auch Scheidewaſſer (Aqua fortis).

§. 1004. Die Salpeterſäure unterſcheidet ſich von der Schwefelſäure durch einen eigenen Geruch, durch ihre Flüchtigkeit, durch ihre große Schärfe gegen organiſche Theile. Sie färbt Haut, Haare, Seide, u. dergl., dauerhaft gelb. Die mit der vollkommenen Salpeterſäure hervorgebrachten Neutral- und Mittelſalze zeigen am beſten ihren Unterſchied von andern Säuren. Ich nenne von dieſen nur das ſalpeterſaure Gewächsalkali (gemeiner Salpeter) und die ſalpeterſaure Kalkerde (Mauerſalpeter).

§. 1005. In der Natur erzeugt ſich die Salpeterſäure bey der Verweſung organiſcher, beſonders thieriſcher Subſtanzen, aus dem Stickſtoffe derſelben und dem Sauerſtoffe, und die erzeugte Salpeterſäure tritt mit der Kalkerde der Dammerde, worin die Verweſung geſchieht, zuſammen, und bildet ſo den Mauerſalpeter (§. 1004.).

§. 1006. Der rauchende, röthlich gefärbte, Antheil, der ſich aus dem rauchenden Salpetergeiſte durch Erhitzung abſondern läßt (§. 1003.), ſich nur ſchwer zur liquiden Flüſſigkeit verdichtet, ſehr flüchtig iſt, ſchon in der gewöhnlichen Temperatur röthlichen Dampf und Nebel bildet, und nicht die Acidität hat, als die vollkommene Salpeterſäure, iſt als unvollkommene Salpeterſäure anzuſehen, die ich **ſalpetrigte Säure** (Acidum nitroſum, *Acide nitreux*) nenne (§. 1001.). Sie iſt in deſto größerer Menge im rauchenden Salpetergeiſte enthalten, je rauchender das Vitriolöhl war, deſſen man ſich zur Austreibung deſſelben bediente.

§. 1007. Daß in der ſalpetrigten Säure die ſäurefähige Grundlage mit weniger Sauerſtoff verbunden ſey, als in der Salpeterſäure, erhellet aus mehrern Erfahrungen. Wenn man nämlich Salpeter in einer gläſernen beſchlagenen Retorte, die mit dem pneumatiſchen Apparate in Verbindung iſt, glühen läßt, ſo geht eine große Menge Sauerſtoffgas über, und zuletzt entwickeln ſich auch Dämpfe von ſalpetrigter Säure, wenn die Retorte dem Schmelzen gehörig wider-

widerſteht. Die zurückbleibende Salzmaſſe ſchmeckt alkaliſch, läßt aber beym Aufgießen, ſelbſt von ſchwächern Säuren, wie von Eſſigſäure, die ſonſt die Salpeterſäure nicht austreiben, rothe Dämpfe fahren und giebt ſalpetrigte Säure. Offenbar wird hier der vollkommenen Salpeterſäure durch das Feuer ein Antheil Sauerſtoff entzogen, der damit als Sauerſtoffgas austritt, und die ſäurefähige Grundlage der Salpeterſäure bleibt, mit weniger Sauerſtoff und mit aufgenommener Baſis des Lichts oder Brennſtoff verbunden, als ſalpetrigte Säure beym Alkali zurück, bis auch durch die anhaltende Hitze ein größerer oder geringerer Antheil derſelben ausgetrieben wird. Wenn vollkommene Salpeterſäure durch eine glühende gläſerne Röhre getrieben wird, ſo liefert ſie auch Sauerſtoffgas und ſalpetrigte Säure. Endlich, wenn man ungefärbte, concentrirte Salpeterſäure in einer recht durchſichtigen Retorte, die in Verbindung mit der pneumatiſchen Geräthſchaft iſt, den Sonnenſtrahlen ausſetzt, ſo entwickelt ſich Sauerſtoffgas und die rückſtändige Salpeterſäure wird wieder gefärbt. — Dunkle Wärme, ohne Licht, bewirkt dieſe Veränderungen nicht.

§. 1008. Alle Körper des Thier- und Gewächsreichs zerſetzen die Salpeterſäure und entziehen ihr durch ihren Kohlenſtoff den größeſten Antheil Sauerſtoff, ſo daß ſie dadurch nun von anderer Natur und anderm Verhalten erſcheint. Ein gleiches thun auch ſehr viele Metalle, wie z. B. Kupfer, Queckſilber, Eiſen. Wird Salpeterſäure darauf geſchüttet, ſo

entſteht

entſteht Erhitzung und Entwickelung von Luftblaſen, die bey Berührung der atmoſphäriſchen Luft ſogleich einen gelbrothen Nebel geben. Um die hierbey Statt findenden Veränderungen beſſer beurtheilen zu können, wählen wir den folgenden Verſuch.

§. 1009. Man fülle eine kleine Entbindungsflaſche ganz mit Kupfer- oder Meſſingdraht an, gieße verdünnte Salpeterſäure, die aus einem Theile concentrirter Salpeterſäure und drey Theilen Waſſer gemacht iſt, hinein, ſo daß keine atmoſphäriſche Luft im Glaſe zurückbleibt, und verbinde die Flaſche gehörig mit der pneumatiſchen Geräthſchaft. Das Metall löſ't ſich unter Aufbrauſen in der Säure auf, und es tritt eine große Menge von Luft durch die Seitenröhre der Flaſche aus, die man auffängt, nachdem man die erſten Portionen hat weggehen laſſen.

§. 1010. Die erhaltene Luftart heißt **Salpetergas** (Gas nitroſum, *Gaz nitreux*). Es iſt farbenlos, hat keine Spur einer Säure an ſich, und röthet an ſich die Lackmustinctur nicht, löſ't ſich nicht in Waſſer auf, trübt das Kalkwaſſer nicht, iſt höchſt irreſpirabel, und verlöſcht ein hineingebrachtes Licht. Es verliert ſogleich ſeine Gasform, wenn es die atmoſphäriſche Luft berührt, und verwandelt ſich in röthlichgelbe ſaure Nebel, wie ſie rauchender Salpetergeiſt ausſtößt, und in Salpeterſäure, die vom Waſſer nach und nach eingeſogen wird.

§. 1011. Wenn man unter einen Glascylinder, der das Salpetergas mit Waſſer geſperrt enthält, atmo-

atmoſphäriſche Luft treten läßt, ſo entſtehen ſogleich röthlichgelbe Nebel unter Erwärmung und eine Verminderung des Volums beyder Luftarten; das Waſſer ſteigt in dem Cylinder höher und wird nun zur verdünnten Salpeterſäure. Wenn man beyde Luftarten ſolcher Geſtalt in gehörigem Verhältniſſe vermiſcht hat, ſo bleibt endlich bloß noch das Stickgas der atmoſphäriſchen Luft übrig. Man braucht gewöhnlich 16 Maaße atmoſphäriſche Luft, um 7⅓ M. Salpetergas völlig zu zerſtören.

§. 1012. Wenn man ſtatt der atmoſphäriſchen Luft im vorigen Verſuche (§. 1011.) reines Sauerſtoffgas anwendet, ſo iſt die Röthung und Erhitzung weit beträchtlicher; und wenn beyde Luftarten völlig rein waren, ſo erfolgt, bey der Vermiſchung derſelben im gehörigen Verhältniſſe, ein gänzliches Verſchwinden derſelben. Indeſſen ſind das Salpetergas und das Sauerſtoffgas ſchwerlich ganz von allem Stickgas rein zu erhalten, welches dann übrig bleibt. Man braucht etwa 4 M. Lebensluft zu 7⅓ M. Salpetergas.

§. 1013. Die rothen Nebel, die in beyden Erfahrungen (§. 1012.) entſtehen, ſind ſalpetrigte Säure, die nach und nach in Salpeterſäure übergeht und vom Waſſer eingeſogen wird. Aus Sauerſtoffgas und Salpetergas wird alſo Salpeterſäure, und jene beyden Luftarten hören auf, zu ſeyn.

§. 1014. Es folgt aus allen dieſen Erfahrungen, daß das Salpetergas die Grundlage der Salpeter-

peterſäure enthalte, die durch Aufnahme des Sauerſtoffes wieder zur Salpeterſäure wird; und daß alſo das Metall bey der Auflöſung in Salpeterſäure (§. 1009.) einen Antheil dieſer letztern zerſetze, ihr Sauerſtoff entziehe, dagegen Brennſtoff abtrete, und ſie dadurch in einen veränderten Zuſtand bringe, wobey ſie in der Temperatur unſerer Atmoſphäre luftförmig erſcheint, nicht mehr als Säure wirkt, und andere Eigenſchaften zeigt. Bey Berührung des Salpetergas mit Sauerſtoffgas ziehen ſich aber die Grundlagen beyder Luftarten an und bilden unter Entlaſſung ihres Wärmeſtoffes wieder Salpeterſäure.

§. 1015. Die Baſis des Salpetergas enthält alſo außer Brennſtoff das Radical der Salpeterſäure; indeſſen werden die folgenden Erfahrungen zeigen, daß ſie daſſelbe noch nicht rein enthält, ſondern noch ſelbſt in Verbindung mit einem Antheile Sauerſtoff, der aber nicht hinreichend iſt, das Radical in den Zuſtand einer Säure zu bringen. Es wird alſo der Salpeterſäure durch das Metall (§. 1009.) nicht aller, ſondern nur der größte Theil des Sauerſtoffes entzogen, und die Baſis des Salpetergas beſteht demnach aus Brennſtoff, dem Radical der Salpeterſäure und etwas Sauerſtoff.

§. 1016. Die Bildung der Baſis des Salpetergas iſt aber noch nicht der erſte Grad der Oxidirung des Radicals der Salpeterſäure, ſondern es giebt noch einen niedrigern. Wenn man nämlich Salpetergas über angefeuchtetem Eiſenfeil oder angefeuchtetem

tetem Schwefelalkali ſtehen läßt, ſo erleidet es eine Verminderung ſeines Volums von etwa $\frac{2}{3}$ und erlangt ganz andere Eigenſchaften, als es vorher beſaß. Nämlich das nun noch rückſtändige Gas wird vom Waſſer eingeſogen; es wird durch Sauerſtoffgas nicht zerſetzt, und zerſetzt dieſes nicht; es bringt damit keinen rothen Nebel zuwege; es brennt eine Kerze darin mit vermehrtem Glanze, und ihr glimmendes Docht wird darin wieder von ſelbſt zur flammenden Entzündung gebracht; brennender Phosphor, Schwefel und Kohle verlöſchen aber, und Thiere erſticken darin. Vom Salpetergas ſelbſt wird es nicht afficirt.

§. 1017. Man hat dieſes Gas, welches **Prieſtley** ſchon unter dem Namen der **dephlogiſtiſirten Salpeterluft** erwähnte, **gasförmige azotiſche Halbſäure** (*Oxide d'azote gazeux*) genannt. Ich nenne es **ſauerſtoffhaltiges Stickgas** (Gas azotoſum). Bey ſeiner Entſtehung (§. 1016.) wird der Baſis des Salpetergas noch Sauerſtoff entzogen, indeſſen doch noch nicht aller, den ſie enthält, und dagegen noch mehr Brennſtoff mitgetheilt; und es bildet nun das Radical der Salpeterſäure, mit noch weniger Sauerſtoff verbunden, die Baſis einer andern vom Salpetergas verſchiedenen Gasart. Sonſt erhält man dieſes Gas noch auf verſchiedene andere Weiſe, wie z. B. dadurch, daß man ſalpeterſaures Ammoniak mit etwa dreymal ſo viel Sand vermengt, aus einer kleinen Retorte in Verbindung mit der pneumatiſchen Geräthſchaft deſtillirt; gegen das Ende der Operation kommt aber viel Stickgas.

Joſ.

Joſ Prieſtley's Verſ. u. Beob. über verſch. Gatt. der Luft. Th. I. S. 208. Th. III. S. 16. 22. 126. 128. 133. Ebendeſſelben Verſ. u. Beob. über verſch. Theile der Naturl. Th. I. S. 40 50. Th. II. S. 156 165. 306. Ueber die Natur des von Hrn. Prieſtley ſo genannten dephlogiſtiſirten Salpetergas oder der gasförmigen azotiſchen Halbſäure, von J R. Deimann, Trooſtwyk, Nieuwland, Bondt und Lauwerenburgh; in Grens neuem Journ. d. Phyſ. B. I. S. 243. ff.

§. 1018. Das Radical der Salpeterſäure iſt alſo mehrerer Grade der Oxigenirung fähig (§. 1001.). Der erſte oder niedrigſte Grad iſt die Baſis des ſauerſtoffhaltigen Stickgas; der zweyte die Baſis des Salpetergas; der dritte die ſalpetrigte Säure; und der vierte und letzte die Salpeterſäure.

§. 1019. Das Stickgas hat keinen Einfluß auf das Salpetergas, und beyde Gasarten wirken nicht auf einander. Eben ſo wenig wirkt kohlenſaures Gas, Waſſerſtoffgas, ſchwefligtſaures und Ammoniakgas darauf. Weil alſo die gewöhnlichen irreſpirabeln Luftarten das Salpetergas nicht zerſetzen, und es nur das Sauerſtoffgas thut, und dieſes dadurch auch ſelbſt zerſetzt wird; ſo hat man eben das Salpetergas als ein eudiometriſches Mittel zur Prüfung des Gehalts der atmoſphäriſchen Luft an Lebensluft vorgeſchlagen und angewendet (§. 850.). Indeſſen gewährt dieſe Prüfungsart doch keine ſtetigen und zuverläſſigen Reſultate, obgleich übrigens das Verfahren und die Werkzeuge dazu von **Fontana** und **Ingenhouß** gar ſehr vervollkommnet worden ſind.

§. 1020. Weder die Kohlen noch der Schwefel zerſetzen in der Kälte die Salpeterſäure, wohl aber in der Hitze und wenn die letztere recht concentrirt iſt,

obgleich

obgleich nur ſchwer und langſam. In Verbindung mit Waſſerſtoff zerſetzt aber ſo wohl die Kohle als der Schwefel die Salpeterſäure weit leichter: das erſtere beweiſen vegetabiliſche und thieriſche Stoffe, wie z. B. Zucker, Oehle, u. a. m., die ſchon in mäßiger Wärme die Salpeterſäure in Salpetergas verwandeln; das letztere wird durch ſchwefelhaltiges Waſſerſtoffgas dargethan, welches von concentrirter Salpeterſäure zerſetzt wird und dieſe ſelbſt zerſetzt.

§. 1021. Die völlige Zerſetzung der Salpeterſäure und die Scheidung ihres Radicals kann durch Kohle in der Temperatur der Glühehitze bewirkt werden, indem die Kohle in dieſer Hitze, wegen ihrer nähern Verwandtſchaft zum Sauerſtoffe, denſelben der Salpeterſäure ganz entzieht. Wenn aber die Salpeterſäure zur Temperatur der Glühehitze gebracht werden ſoll, ſo muß ſie fixirt ſeyn, wie ſie es im Salpeter durchs Gewächsalkali iſt.

§. 1022. Der Salpeter, der für ſich allein in der Hitze ruhig fließt, bringt ſogleich eine Entzündung mit einem Geräuſche zuwege, wenn man ihn mit glühender Kohle in Berührung bringt, oder ihn in glühenden Fluß ſetzt und dann Kohle darauf trägt. Dieſe Entzündung und Zerſetzung des Salpeters in der Hitze mit entzündlichen Dingen nennt man das **Verpuffen** (Detonatio) derſelben.

§. 1023. Nicht bloß die Kohle, ſondern auch der Schwefel, der Phosphor, die mehreſten Metalle,

und

und überhaupt alle entzündliche Körper bringen mit glühendem Salpeter Verpuffen hervor.

§. 1024. Das Verbrennen der entzündlichen Körper beym Verpuffen geſchieht weit lebhafter und ſchneller und mit weit ſtärkerm Lichte, als ſonſt in atmoſphäriſcher Luft, und ganz ſo als in reinem Sauerſtoffgas. Der Salpeter wird dabey zerſtört, und es bleibt nur das Gewächsalkali deſſelben übrig, das aber freylich durch die erzeugte neue Säure, zu welcher der verbrennliche Körper das Radical und die Salpeterſäure den Sauerſtoff hergaben, mehr oder weniger verändert seyn kann. Wenn man daher auf Salpeter, der in einem glühenden Tiegel im Feuer fließt, Kohlenpulver ſo lange aufträgt, bis kein Verpuffen mehr erfolgt, ſo bleibt das Gewächsalkali nur zum Theil kohlenſauer übrig, weil durch das Glühen deſſelben ſelbſt ein Antheil der gebildeten Kohlenſäure wieder ausgetrieben wird. Wenn man ſich bey dieſem Verſuche ſtatt der Kohle des Schwefels bedient, ſo hat man ebenfalls eine lebhafte Verpuffung, und das rückſtändige Alkali iſt ſchwefelſauer. Der Schwefel iſt alſo auch in der Glühehitze dem Sauerſtoffe näher verwandt, als das Radical der Salpeterſäure.

§. 1025. Die Entzündung des Schießpulvers iſt ebenfalls eine wahre Verpuffung des Salpeters vermittelſt der dabey befindlichen Kohlen- und Schwefeltheile. Die Güte deſſelben hängt von der Reinigkeit der dazu erforderlichen Materialien, von der genauen

nauen und innigen Vermengung derſelben, und dem gehörigen Verhältniſſe derſelben gegen einander ab. Dieſes Verhältniß der Ingredienzien deſſelben iſt freylich nach dem beſondern Gebrauche, wozu das Pulver beſtimmt iſt, verſchieden. Gewöhnlich beſteht es aus 0,75 Salpeter, 0,16 Kohlen und 0,09 bis 0,10 Schwefel. Der Schwefel iſt nöthig, damit das Pulver deſto leichter Feuer fange.

§. 1026. Ein anderes hierher gehöriges merkwürdiges Gemenge iſt das Knallpulver (Pulvis fulminans), welches das Beſondere hat, daß es, ohne eingeſchloſſen zu ſeyn, auch ſchon in geringer Menge, bey einer allmähligen, bis zur Entzündung des Schwefels gehenden Erhitzung, in einem Löffel über glühenden Kohlen, mit einem heftigen Schlage, abbrennt. Man macht es aus drey Theilen Salpeter, zwey Theilen trockenen Weinſteinſalzes und einem Theile Schwefel, die man recht fein zuſammenreibt.

§. 1027. Um nun beurtheilen zu können, was aus der beym Verpuffen des Salpeters zerſetzten Salpeterſäure wird, muß man daſſelbe nothwendig in verſchloſſenen Gefäßen in Verbindung mit der pneumatiſchen Geräthſchaft unternehmen. Es dient dazu am beſten ein Gemiſch aus einem Theile Kohlenpulver und drey Theilen Salpeter. Den Zuſatz von Schwefel muß man, wegen der ſonſt entſtehenden Heftigkeit der Exploſion, ganz vermeiden. Man bringt von dem mäßig angefeuchteten Gemenge in das genau geſchloſſene Ende eines Flintenlaufs, ſtampft

es feſt, legt dieſes Ende zwiſchen Kohlen, und den Flintenlauf ſtark geneigt mit ſeiner Mündung unter den Trichter der mit heißem Waſſer gefüllten Wanne des pneumatiſchen Apparats. So wie die Stelle, wo ſich das zu verpuffende Gemenge endigt, glühend wird, hebt die Verpuffung an, und verbreitet ſich nach und nach durch die ganze Maſſe mit heftiger und häufiger Entwickelung von Gas. Nach Endigung des Verſuchs findet man den Salpeter im Flintenlaufe völlig zerſtört, und an ſeiner Stelle kohlenſaures Gewächsalkali mit mehr oder weniger unverbrannter Kohle; die übergegangene Luft beſteht aus kohlenſaurem Gas und Stickgas.

§. 1028. Da die Kohlenſäure, die ſich hierbey bildet, nicht anders erzeugt werden kann, als daß die Kohle der Salpeterſäure den Sauerſtoff entzieht; da ferner alle Salpeterſäure hierbey verſchwindet und auch das Sperrwaſſer beym Verſuche nichts davon enthält; da ferner eine ſo große Menge von Stickgas hierbey zum Vorſcheine kommt: ſo folgt, daß der **Stickſtoff** das Radical der Salpeterſäure oder ihr ſäurefähiges Subſtrat ausmache. Da ſich die Quantität der bey dieſem Prozeſſe erzeugten Kohlenſäure und der dabey verzehrten Kohle beſtimmen läßt, ſo kann man auch aus dem ſchon bekannten Verhältniſſe des Kohlenſtoffes zum Sauerſtoffe in der Kohlenſäure, und der Quantität des geſammelten Stickgas ſchließen, wie das Verhältniß des Sauerſtoffes zum Stickſtoffe in der im Salpeter befindlichen, höchſt concentrirten, Salpeterſäure ſey. Herr **Lavoiſier** beſtimmte

te die Zuſammenſetzung dieſer Salpeterſäure ſehr nahe aus 0,205 Stickſtoff und 0,795 Sauerſtoff.

Lavoiſier traité élémentaire, T. II. S. 524. ff.

§. 1029. Der Stickſtoff iſt alſo das ſäurefähige Subſtrat der Salpeterſäure, und erſcheint nach Maaßgabe des Verhältniſſes des damit verbundenen Sauerſtoffes in verſchiedener Form und Natur. Mit etwa vier Theilen Sauerſtoff und ohne Brennſtoff macht er die Salpeterſäure, mit etwa drey Theilen deſſelben und etwas Brennſtoff die ſalpetrigte Säure, mit nahe zwey Theilen deſſelben und mehr Brennſtoff die Baſis des Salpetergas, und mit wenig mehr als gleichen Theilen Sauerſtoff und noch mehrerm Brennſtoffe die Baſis des ſauerſtoffhaltigen Stickgas. Alles Sauerſtoffes beraubt und mit Brennſtoff geſättigt, giebt das Radical der Salpeterſäure das Stickgas.

§. 1030. Eine Beſtätigung dieſer Theorie giebt die Erfahrung, daß Salpetergas, durch einen glühenden Flintenlauf getrieben, ſich ganz in Stickgas verwandelt, indem das glühende Metall hierbey den noch im Salpetergas befindlichen Antheil Sauerſtoff gänzlich in ſich nimmt und dagegen Brennſtoff abtritt. Ferner erklärt ſich daraus die gänzliche Zerſtörung des ſalpeterſauren Ammoniaks für ſich im Glühefeuer, und ſeine Verwandlung in Waſſer und Stickgas; ingleichen die Verwandlung des flüſſigen Ammoniaks in Salvetergas, wenn es durch glühenden Braunſtein in einer Röhre deſtillirt.

Ueber

Ueber die Erzeugung der Salpeterſäure und Salpeterluft, von Iſ. Milner; in Grens Journale der Phyſik, B. III. S. 83. ff.

§. 1031. Einen ſynthetiſchen Beweis für die Miſchung der Salpeterſäure kann die Erfahrung von **Cavendiſh** geben, welcher zu Folge ein Gemiſch von ſieben Theilen Sauerſtoffgas und drey Theilen Stickgas in einer mit alkaliſcher Lauge geſperrten Glasröhre durch häufig wiederholte electriſche Funken im Volum vermindert und die Lauge ſalpeterſauer wurde. Freylich bleibt es hierbey noch unentſchieden, was die electriſche Materie hierbey ſelbſt beygetragen habe.

Ueber die Verwandlung eines Gemiſches der dephlogiſtiſirten Luft in Salpeterſäure durch Hülfe des electriſchen Funkens, von Cavendiſh; in Grens Journale der Phyſik, B. I. S. 282. ff.

§. 1032. So viel ſcheint indeſſen als Thatſache ausgemacht zu ſeyn, daß die Natur bey der Verweſung organiſcher Körper Stickſtoff, der ein Beſtandtheil derſelben iſt, mit Sauerſtoff des Waſſers oder der Atmoſphäre zur Salpeterſäure vereinigt, und dieſe in ſo fern ein Product der Verweſung genannt werden kann. Daß aber Sauerſtoffgas und Stickgas durch ihre Vermiſchung keine Salpeterſäure geben, das hindert die Verwandtſchaft ihrer reſpectiven Grundlagen zu dem Wärmeſtoffe, womit ſie in dieſen Gasarten vereinigt ſind.

§. 1033. Jetzt läßt ſich nun die Theorie des Verpuffens nach dem antiphlogiſtiſchen Syſteme leicht geben. Der Salpeter entwickelt in der Glühehitze Sauerſtoffgas (§. 1007.), welches das lebhafte Verbrennen der

ver-

verbrennlichen Subſtanzen verurſacht. In der dabey Statt findenden Temperatur bemächtigt ſich die verbrennliche Subſtanz des Sauerſtoffes der Salpeterſäure gänzlich, ihr Radical, der Stickſtoff mit Brennſtoff geſättigt, wird frey und entweicht als Stickgas, und ſo wird die Salpeterſäure gänzlich zerſtört. Die große Menge des Wärmeſtoffes, welche die Salpeterſäure auch im Salpeter noch gebunden enthält, und die nicht gänzlich zur Bildung der entſtehenden Gasarten verwendet wird, und der Brennſtoff der verbrennlichen Subſtanz, der vom Radical der Salpeterſäure nicht alle aufgenommen werden kann, iſt Urſach des beym Verpuffen entſtehenden ſtarken Feuers. — Eigentlich kann man aber die Erſcheinungen des Verpuffens nicht von der aus dem Salpeter entwickelten Lebensluft ableiten; und es iſt nicht dieſe, ſondern die Salpeterſäure ſelbſt, die, ehe noch ihr Sauerſtoff luftförmig entwickelt wird, durch denſelben die verbrennliche Subſtanz in der Glühehitze zum Verbrennen bringt. Uebrigens läßt ſich leicht daraus erklären, warum das Verbrennen derſelben vermittelſt des Salpeters auch beym Ausſchluſſe aller Luft in verſchloſſenen Gefäßen Statt haben kann. In der überaus ſchnellen Verbreitung des Verbrennens durch die Maſſe des Schießpulvers im verſchloſſenen Raume; in der Menge von Stickgas und kohlenſaurem Gas, die dabey ſo plötzlich erzeugt wird; in der über alle Berechnung großen Elaſticität, welche dieſes Gas durch die überaus große Menge des frey werdenden Feuers erhalten muß; und in der Expanſivkraft des letztern

im Augenblicke ſeines Freywerdens, iſt der Grund der fürchterlich großen Kraft zu ſuchen, welche das Schieß-pulver ausübt, wenn es im verſchloſſenen Raume entzündet wird (§. 566.).

Verſuch einer neuen Theorie über das Schießpulver von Ingenhouſz; in ſeinen verm. Schriften, B. I. S. 393. ff.

§. 1034. Beym Abbrennen des Knallpulvers (§. 1026.) iſt es wohl gewiß, daß durchs allmählige Schmelzen deſſelben aus dem Schwefelalkali, (zu Folge des im Salpeter und Alkali befindlichen Waſſers,) ſchwefelhaltiges Waſſerſtoffgas gebildet wird, oder vielmehr im erſten Anfange ſeiner Entſtehung begriffen iſt und mit der aus dem Salpeter entbundenen Lebensluft eine Knallluft macht.

Phosphor. Phosphorſäure.

§. 1035. Der **Phosphor** (Phosphorus), den man, zum Unterſchiede von andern im Dunkeln leuchtend erſcheinenden Körpern, auch **Kunkelſchen** oder **Urin-Phosphor** nennt, iſt eine einfache entzündliche Subſtanz, durchſcheinend, weißlich von Farbe, etwas zähe von Conſiſtenz, und in einer Hitze, die noch nicht die Siedhitze des Waſſers erreicht, ſchmelzbar. Er iſt beym Ausſchluſſe der Luft in der Hitze flüchtig und läßt ſich überdeſtilliren. Er macht einen weit verbreiteten Grundſtoff in den organiſchen Körpern, beſonders im Thierreiche aus, findet ſich aber auch im Mineralreiche, wie z. B. im Eiſen aus Sumpferzen.

§. 1036. Der Phosphor entzündet ſich beym Zutritte der atmoſphäriſchen Luft oder des Sauerſtoffgas bey einer Wärme von 30 bis 32° R., und wird darin zur **Phosphorſäure** (Acidum phosphoricum, *A. phosphorique*). Die Umſtände, welche dieſes Verbrennen des Phosphors begleiten, ſind ſchon oben (§§. 827. 834.) beſchrieben worden. Der Phosphor läßt ſich auch durch Reiben leicht in den zu ſeiner Entzündung nöthigen Grad der Wärme bringen. Auf die leichte Entzündlichkeit des Phosphors gründen ſich übrigens die **Turiner Kerzen**, das *Feu portatif* und andere Spielwerke. Zur Verhütung ſeiner Entzündung bewahrt man ihn in Waſſer auf.

§. 1037. Die Phosphorſäure (§. 1036.) unterſcheidet ſich weſentlich von andern Säuren. Sie iſt feuerbeſtändig; ſie kann das Glühefeuer vertragen, ohne ſich zu verflüchtigen, und ſchmilzt dabey zu einem durchſichtigen, an der Luft wieder zerfließlichen, Glaſe. Sie bildet mit den Alkalien und Erden eigenthümliche Neutral- und Mittelſalze, von denen wir hier nur das **phosphorſaure Ammoniak**, das ſich auch im menſchlichen Harne findet, und die **phosphorſaure Kalkerde** merken. Letztere iſt im Waſſer unauflöslich und geſchmacklos und bildet den größeſten Theil der **Knochenaſche**.

§. 1038. Durch bloßes Glühen für ſich läßt die Phosphorſäure ſich nicht zerlegen und ihren Sauerſtoff nicht fahren. Aber durch Hülfe des Kohlenſtoffes läßt ſie ſich im Glühen zerſetzen, indem der Kohlen-

ſtoff mit dem Sauerſtoffe der Phosphorſäure zur Kohlenſäure wird, die in Gasgeſtalt entweicht, und das Radical der Phosphorſäure mit dem Brennſtoffe der Kohle geſättigt wieder Phosphor giebt. So bereitet man auch den Phosphor aus Phosphorſäure und Kohlenſtaub durch Deſtillation.

§. 1039. An der atmoſphäriſchen Luft entwickelt der Phosphor bey einer Temperatur, die nicht bis zu ſeiner Entzündung reicht, auf ſeiner ganzen Oberfläche einen ſanften weißen Rauch, von einem knoblauchsartigen Geruche, der im Finſtern leuchtet. Der Phosphor zerfließt dabey zu einer ſauern Flüſſigkeit. Die dabey Statt findenden Umſtände, die Erklärung des Phänomens, und die darauf gegründete Anwendung des Phosphors zu einem eudiometriſchen Mittel ſind ſchon oben (§§. 847. 851.) angeführt worden.

§. 1040. Die ſaure Flüſſigkeit, die ſich bey dieſem Leuchten des Phosphors in atmoſphäriſcher Luft bildet, iſt unvollkommene Phosphorſäure, die ich durch den Namen der **phosphorigten Säure** (Acidum phosphoroſum, *A. phosphoreux*) unterſcheide. Sie beſitzt einen knoblauchsartigen Geruch, ſtößt in der Hitze einen weißen ſtechenden Rauch aus und verwandelt ſich dabey in vollkommene oder Phosphorſäure, wobey ſich im Finſtern auch Leuchten zeigt.

§. 1041. Der Phosphor entzieht der Schwefelſäure in der Hitze, der Salpeterſäure auch ſchon in der Kälte, den Sauerſtoff, und wird Phosphorſäure.

§. 1042.

§. 1042. Die Oehle, ſo wohl die fetten als die ätheriſchen, löſen den Phosphor auf, und die Auflöſung leuchtet im Dunkeln.

§. 1043. Mit Beyhülfe der ätzenden feuerbeſtändigen Alkalien und der gebrannten Kalkerde zerſetzt der Phosphor das Waſſer ſehr leicht. Wenn man daher Phosphor mit einer ätzenden Lauge des feuerbeſtändigen Alkali kocht, ſo nimmt er den Sauerſtoff des Waſſers auf und wird zur Phosphorſäure, die ſich mit dem Alkali verbindet, während der Waſſerſtoff des Waſſers den Brennſtoff des Phosphors aufnimmt und in Verbindung mit einem Antheile Phosphor als eine eigene Gasart austritt, die man **phosphorhaltiges Waſſerſtoffgas** (Gas hydrogenium phosphoratum, *Gaz hydrogène phosphoré*) *) nennt.

*) Synonyma: Phosphorgas, Phosphorluft.
Gengember über eine neue Luft, welche man durch die Wirkung von Laugenſalzen auf Kunkels Phosphor erhält; in Crells chem. Annalen, 1786. B. 1. S. 514. ff.

§. 1044. Um dieſe Gasart bequem und ohne Gefahr zu entbinden, muß man ſo wenig atmoſphäriſche Luft, als möglich, in die Gefäße einſchließen. Man nehme zu dem Ende eine kleine zinnerne oder irdene Flaſche von etwa zwey Unzen Inhalt, ſchütte auf einen Theil Phosphor in derſelben etwa zwölf Theile einer ſtarken ätzenden Lauge des Gewächsalkali, ſo daß nur wenig Luft eingeſchloſſen bleibt; man ſtecke einen Kork feſt auf, durch welchen eine gekrümmte Glasröhre geht, die höchſtens 1½ Linie im Durchmeſſer

meſſer hat, und deren anderes Ende unter den Trichter der mit Waſſer gefüllten Wanne des pneumatiſchen Apparats tritt; und erhitze die Flaſche allmählig im Sandbade durch Lampenfeuer bis zum Kochen der Lauge.

§. 1045. Die Blaſen des Gas, welche hierbey übergehen, haben einen ſehr unangenehmen, gleichſam fauligen Geruch. Läßt man ſie an die atmoſphäriſche Luft treten, ſo entzünden ſie ſich von ſelbſt mit einem Knalle, und der weiße Rauch, den ſie zurücklaſſen, ſteigt bey ruhiger Luft als ein horizontaler Ring, der ſich immer mehr und mehr erweitert, empor; er iſt wiedererzeugte Phosphorſäure. Zum Sauerſtoffgas gelaſſen, entzünden ſich dieſe Blaſen mit Heftigkeit. Vom Waſſer wird dieſes Gas *nicht* aufgelöſ't, und an für ſich trübt es weder das Kalkwaſſer, noch röthet es die Lackmustinctur.

§. 1046. Die Baſis dieſes Gas iſt brennbarhaltiger Waſſerſtoff und Phosphor. In dieſer Vereinigung ziehen ſie den Sauerſtoff ſtärker an, als ſie einzeln für ſich thun; ſie zerſetzen alſo das Sauerſtoffgas plötzlich, verbrennen; und das Product dieſes Verbrennens iſt Feuer, Waſſer und Phosphorſäure.

Säure des Kochſalzes, Flußſpathes und Boraxes.

§. 1047. Die drey verſchiedenen Säuren, die im Kochſalze, im Flußſpathe und im Boraxe als eigenthümliche Säuren einen Beſtandtheil ausmachen,

ſind

ſind bis jetzt noch nicht zerlegt, oder man kennt ihr Radical noch nicht (§. 867.). Der Analogie nach mit andern Säuren müſſen wir aber freylich ſchließen, daß auch ſie aus Sauerſtoff und einem eigenen Subſtrate beſtehen.

§. 1048. 1) Wenn man auf gewöhnliches **Kochſalz** Vitriolöhl gießt, ſo entſteht ſogleich eine beträchtliche Erhitzung und ein Aufbrauſen, und es entwickeln ſich häufige weißliche Nebel von einem eigenthümlichen ſauern und ſcharfen Geruche und Geſchmacke. Wenn man dieſe Nebel vermittelſt einer Deſtillation auffängt, und durch ſo wenig Waſſer als möglich verdichtet hat, ſo erhält man eine ſaure Flüſſigkeit, die man in Officinen **rauchenden Salzgeiſt** (Spiritus ſalis fumans *Glauberi*) nennt.

§. 1049. Dieſe ſaure Flüſſigkeit iſt eine Säure eigener Art, die man nach dem Salze, woraus man ſie gewinnt, im Syſteme **Kochſalzſäure**, **Salzſäure** (Acidum muriaticum, *Acide muriatique*) genannt hat. Da aber die ſo erhaltene Säure, wie die Folge lehren wird, eigentlich nur eine unvollkommene Säure, oder da ihr Radical noch eines höhern Grades der Sättigung mit Sauerſtoff fähig iſt, ſo nenne ich ſie **ſalzigte Säure** (Acidum muriatoſum) (§. 872.), und brauche den Namen **Salzſäure** für jenen höhern Grad ihrer Oxygenirung.

§. 1050. Eigentlich entweicht dieſe Säure bey ihrer Austreibung aus Kochſalz durch concentrirte Schwefelſäure in Gasform, und wird durch das vorgeſchla-

geſchlagene Waſſer wieder daraus verſetzt, indem es die Baſis dieſes Gas in ſich nimmt. Man erhält daher dieſes Gas, wenn man die Mündung der Retorte ſogleich unter den Trichter der Queckſilberwanne treten läßt und die aufſteigenden Blaſen gehörig auffängt. Dieſes Gas nenne ich ſalzigtſautes Gas (Gas muriatoſum)*). Es iſt ſehr ſauer; denn ſeine Baſis iſt die ſalzigte Säure. Es iſt erſtickend, unfähig zur Unterhaltung des Verbrennens; wird vom Waſſer augenblicklich verſchluckt, und das Waſſer wird liquide ſalzigte Säure. Die Alkalien, Kalkwaſſer, u. dergl., ſaugen es ſchnell ein und verlieren dadurch ihre alkaliſche Beſchaffenheit. Mit atmoſphäriſcher und Lebensluft bildet es weißliche Nebel. Wenn man Ammoniakgas damit vermiſcht, ſo verlieren beyde Gasarten ſogleich ihre Luftform unter Erwärmung und werden zu einem feſten Salze (Salmiak). Kohlenſaures Gas, Stickgas, reines und ſchwefelhaltiges Waſſerſtoffgas, ſchwefligtſaures Gas und Salpetergas haben keine Wirkung darauf, wenn ſie nicht feucht ſind.

*) Synonyma: Salzſaures Gas (Gas acidum muriaticum, *Gaz acide muriatique*).

§. 1051. Von den eigenthümlichen Neutral- und Mittelſalzen mit der ſalzigten Säure merke ich: das **ſalzigtſaure Mineralalkali**, (das **Kochſalz**, **Steinſalz**, **Meerſalz**); das **ſalzigtſaure Ammoniak** (**Salmiak**); die **ſalzigtſaure Kalkerde**; die **ſalzigtſ. Talkerde**; die **ſalzigtſaure Schwererde**; und **ſalzigtſ. Strontionerde**.

§. 1052.

§. 1052. Das Radical der ſalzigten Säure läßt ſich mit noch mehrerm Sauerſtoffe verbinden, und erſcheint dann in einem andern Zuſtande, von andern Verhältniſſen und Eigenſchaften; es wird nun zur vollkommnern Säure, die ich, zum Unterſchiede der vorigen, **Salzſäure** (Acidum muriaticum)*) nenne (§. 872.), die man aber fälſchlich als mit Sauerſtoff **überſättigt** anſieht (§. 873.) und deshalb **oxigenirte Salzſäure** (Acidum muriaticum oxigenatum, *Acide muriatique oxigéné*) genannt hat.

*) Synonyma: Dephlogiſtiſirte Salzſäure (Acidum ſalis dephlogiſticatum).

§. 1053. Zur Bereitung der Salzſäure bedient man ſich des Braunſteins, der, wie wir wiſſen (§. 832.), ſehr vielen Sauerſtoff enthält und ihn an die ſalzigte Säure leicht abtritt. Man ſchüttet davon gepulvert einen Theil in eine Retorte, gießt drey Theile concentrirte ſalzigte Säure darauf, legt ſie in ein Sandbad, bringt ſie mit der pneumatiſchen Wanne, die mit heißem Waſſer gefüllt iſt, in Verbindung, und erhitzt ſie gelinde. Es entſteht eine Art von Aufbrauſen, und es entwickelt ſich nach der atmoſphäriſchen Luft eine elaſtiſche Flüſſigkeit von einer blaßgelben Farbe, die man in Gläſer mit eingeriebenen Stöpſeln auffängt.

§. 1054. Die erhaltene elaſtiſche Flüſſigkeit iſt kein Gas, ſondern ein Dampf, der bey einer Verminderung der Temperatur, die kaum an den Gefrierpunct reicht, zu einer feſten ſpießigten Subſtanz gerinnt, die durch Wärme wieder zur elaſtiſchen Flüſ-

ſigkeit

ſigkeit wird. Die elaſtiſche Salzſäure beſitzt einen ungemein ſtechenden und erſtickenden Geruch, tödtet hineingebrachte Thiere ſehr ſchnell und iſt ganz und gar irreſpirabel, wird vom Waſſer nach und nach eingeſogen, und bildet nun damit liquide Salzſäure. Man kann ſie auch nicht durch Queckſilber ſperren, weil ſie dieſes auflöſ't, ſondern nur in Gläſern mit eingeriebenem Stöpſel aufbewahren.

§. 1055. Die Salzſäure röthet nicht nur erſt blaue Pflanzenſäfte, ſondern zerſtört ihre Farbe ganz, ſo wie alle Pflanzenfarben. Alle bunte Blumen und grüne Blätter werden darin mit der Zeit weiß und ungefärbt. Die verlorne Farbe läßt ſich durch kein Alkali wiederherſtellen. Hierauf gründet ſich die Anwendung der Salzſäure zum Bleichen von Leinwand und Baumwolle.

§. 1056. Eine brennende Wachskerze brennt in der elaſtiſchen Salzſäure fort, obgleich mit verminderter und dunklerer Flamme. Phosphorus, Kohle, Zinnober, graues Spießglanzerz, Spießglanz, Wismuth, Zink, u. a. verbrennliche Körper mehr, fein gepulvert in die erwärmte elaſtiſche Salzſäure geſchüttet, entzünden ſich darin ſogar von ſelbſt. Es entziehen dieſe verbrennlichen Subſtanzen der Salzſäure einen Antheil Sauerſtoff und verwandeln ſie in ſalzigte Säure.

§. 1057. Waſſerſtoffgas giebt mit elaſtiſcher Salzſäure ein Gemiſch, das ſich anzünden läßt; das Product des Verbrennens iſt wäſſerigte ſalzigte Säure.

Der Schwefel zerlegt die Salzſäure auch, verwandelt ſie in ſalzigte Säure und wird ſelbſt zur Schwefelſäure. Geſchwefeltes Waſſerſtoffgas wird davon auf eine ähnliche Art afficirt, als von Lebensluft; es ſcheidet ſich Schwefel ab, und die Salzſäure wird zur ſalzigten Säure. Salpetergas bringt mit elaſtiſcher Salzſäure ſogleich röthliche Nebel zuwege, und es bilden ſich ſalpetrigte Säure und ſalzigte Säure. Stickgas ſcheint keine Wirkung auf Salzſäure zu haben; aber Ammoniakgas bringt mit der erwärmten elaſtiſchen Salzſäure eine Art von Verbrennungl zuwege; das Ammoniak wird ganz zerſetzt; es erzeugt ſich Stickgas, Waſſer und ſalzigte Säure.

§. 1058. Die Neutral- und Mittelſalze, (*Muriates oxygénés*), die aus der Verbindung der Salzſäure mit Alkalien und Erden entſpringen, unterſcheiden ſich von den ſalzigtſauren weſentlich. Ich nenne hier nur das ſalzſaure Gewächsalkali (*Muriate de Potaſſe oxigéné*), das auch die zerſtörenden Wirkungen der Salzſäure auf Pflanzenfarben beſitzt, in der Hitze ſehr reine Lebensluft entwickelt und dann zu ſalzigtſaurem Gewächsalkali wird. Mit Kohlenſtaub vermengt und in einen glühenden Schmelztiegel getragen, bewirkt das Salz eine heftige Verpuffung; eben ſo auch mit Schwefel. Mit Phosphor zuſammengerieben macht es eine gefährliche Exploſion.

§. 1059. Wenn man liquide Salzſäure in einer weißen gläſernen Retorte, die mit der pneumatiſchen Geräthſchaft in Verbindung iſt, den Sonnenſtrahlen

aus-

ausſetzt, ſo entwickelt ſich daraus Sauerſtoffgas, und der Rückſtand iſt ſalzigte Säure. Man hat hieraus Anlaß genommen, die Salzſäure als ein **Photometer** zu brauchen; aber es gewährt ganz und gar keine Zuverläſſigkeit.

§. 1060. Auch der Salpeterſäure entzieht die ſalzigte Säure von ihrem Sauerſtoffe und verwandelt ſich dadurch in Salzſäure. Wenn man daher einen oder zwey Theile ſtarke und farbenfreye Salpeterſäure mit vier Theilen concentrirter ſalzigter Säure zuſammenmiſcht, ſo entſteht Erhitzung und ein Aufbrauſen, und es entwickelt ſich daraus elaſtiſche Salzſäure, ſo wie auch das Gemiſch den Geruch derſelben zeigt und eine gelbe Farbe annimmt. Das rückſtändige Gemiſch enthält nun unvollkommnere Salpeterſäure mit der Salzſäure gemiſcht. Es hat von den ältern Chemiſten den Namen **Königswaſſer** (Aqua regis, regia), auch **Goldſcheidewaſſer**, erhalten, und iſt als **ſalpetrigtſaure Salzſäure** (Acidum nitroſo-muriaticum, *Acide nitro-muriatique*) anzuſehen. Durch ſeinen Gehalt an Salzſäure iſt es wirkſam, und zeigt deshalb andere auflöſende Kräfte, als ſalzigte Säure allein oder Salpeterſäure allein; dadurch hat es auch ſeine auflöſende Kräfte aufs Gold.

§. 1061. 2) Wenn man auf fein geriebenen **Flußſpath** Vitriolöhl gießt, ſo tritt ſogleich eine Menge weißliche Nebel von einem ſauern Geruche und Geſchmacke hervor. Hält man eine Glasplatte über dieſe

Nebel,

Nebel, ſo wird die Fläche derſelben ſehr ſchnell angegriffen, ſie verliert ihre Politur, wird undurchſichtig, und das Glas wird wirklich angefreſſen. Dieſe Wirkung auf Glas und Kieſelerde beſitzt keine andere bis jetzt bekannte Säure, und deshalb iſt die aus dem Flußſpathe durch Vitriolöhl ausgetriebene Säure als eine eigenthümliche zu betrachten. Ich nenne ſie **flusſigte Säure** (Acidum fluoroſum) *).

*) Synonyma: Flußſpathſäure, Spathſäure (Acidum fluoris mineralis), Acidum fluoricum (*Acide fluorique*) der Neuern.

§. 1062. Die flusſigte Säure hat ſehr viel Aehnlichkeit mit der ſalzigten Säure im Geruche, Geſchmacke und in ihrer Flüchtigkeit. Man kann ſie nicht in feſter Geſtalt darſtellen und ohne vorgeſchlagenes Waſſer bey der Deſtillation nicht erhalten. Eigentlich iſt ſie im waſſerfreyen Zuſtande gasförmig, und wird in dieſer Form aus dem Flußſpathe durchs Vitriolöhl getrieben, das Gas wird aber bey der Deſtillation von dem vorgeſchlagenen Waſſer zerſetzt, und ſeine Baſis davon eingeſogen, die nun damit die liquide flusſigte Säure bildet. Wenn man demnach bey der Deſtillation des Flußſpathes mit Vitriolöhl die Mündung der Retorte unter den Trichter der Queckſilberwanne der pneumatiſchen Geräthſchaft bringt, ſo geht die flusſigte Säure als eine permanente elaſtiſche Luft über und macht das **flusſigtſaure Gas** (Gas fluoroſum) *). Dieſes Gas verwandelt ſich bey Berührung der atmoſphäriſchen Luft in weißliche Nebel, wird vom Waſſer ſogleich verſchluckt oder vielmehr zerſetzt, und bildet

damit

damit liquide flüſſigte Säure. Es iſt ſchwerer als atmoſphäriſche Luft, iſt irreſpirabel, verlöſcht ein hineingebrachtes Licht, iſt ſehr ſauer, trübt das Kalkwaſſer gleich, und wird davon zerſetzt, ſo wie auch von Alkalien, und tritt mit Ammoniakgas zum feſten Körper zuſammen.

*) Synonyma: Flußſpathſaures Gas (Gas acidum fluoricum, *Gas acide fluorique*).

§. 1063. Hat man dieſes Gas aus einer gläſernen Retorte deſtillirt, ſo ſetzt es bey ſeiner Zerſetzung durch hinzugelaſſenes Waſſer ſogleich eine kieſeligte Rinde ab, zum Beweiſe, daß die flüſſigte Säure die Kieſelerde ſogar in Luftgeſtalt bringen und verflüchtigen kann.

§. 1064. Mit der Kalkerde liefert die flüſſigte Säure eine im Waſſer völlig unauflösliche Verbindung, und tröpfelt man die Säure zum Kalkwaſſer, ſo entſteht ſogleich ein Niederſchlag, der flüſſigtſaure **Kalkerde** iſt. Dergleichen iſt auch der natürliche **Flußſpath** oder **Fluß** (Fluor mineralis), der wegen ſeiner Unauflöslichkeit im Waſſer allerdings nicht zu den Salzen, ſondern zu den Steinen oder Erden gehört. Er kommt in ſchönen würfligen Kryſtallen, mehr oder weniger durchſichtig, und von den ſchönſten und mannigfaltigſten Farben vor. Er iſt im Feuer ſchmelzbar, läßt aber ſeine Säure dabey nicht fahren. Er löſ't im Fluſſe andere Erdarten auf, und wird deswegen im Hüttenweſen als Zuſchlag beym Schmelzen gebraucht, wovon er auch ſeinen Namen erhalten hat. Beym Erhitzen leuchtet er im Dunkeln.

§. 1065. 3) Aus dem **Boraxe** (Borax) ſcheiden die mineraliſchen Säuren auf naſſem Wege ein ſaures Salz ab, das ſich in allen Verhältniſſen als eine eigenthümliche Säure charakteriſirt und den Namen der **Boraxſäure** (Acidum boracicum, *Acide boracique*) *) führt. Sie bildet ein glänzendes, weich anzufühlendes, ſchuppiges Salz, das kaum einen ſäuerlichen Geſchmack hat, aber die Lackmustinctur röthet, im kalten Waſſer ſich ſchwer auflöſen läßt, und davon bey 50° Fahrenh. 20 Theile erfordert, da es hingegen im kochenden Waſſer leicht auflöslich iſt. An der Luft iſt das Salz beſtändig; im Feuer iſt es nicht flüchtig, es läßt ſich aber durch Waſſerdämpfe mechaniſch in die Höhe reißen. Es ſchmelzt in der Glühehitze zu einer durchſichtigen, glasähnlichen Maſſe, löſ't aber leicht von der Thonerde des Tiegels auf. Durch dieſes Schmelzen wird es weiter nicht verändert, als daß es ſein Kryſtalliſationswaſſer verliert. Die Boraxſäure unterſcheidet ſich alſo durch ihre Feuerbeſtändigkeit von andern bisher abgehandelten Mineralſäuren gar ſehr.

*) Synonyma: Sedativſalz (Sal ſedativum *Hombergi*).

§. 1066. Von den Verbindungen der Boraxſäure mit Alkalien und Erden nenne ich hier das **boraxſaure Mineralalkali**, dergleichen der Borax ſelbſt iſt, der aber doch noch einen Ueberſchuß an Mineralalkali enthält; und die **boraxſaure Kalkerde und Talkerde**, (**Boracit**).

Metalle.

Metalle.

§. 1067. Auch die **Metalle** ſind einfache verbrennliche Subſtanzen. Wir kennen gegenwärtig **neunzehn** weſentlich verſchiedene metalliſche Subſtanzen: **Gold**, **Platin**, **Silber**, **Queckſilber**, **Bley**, **Kupfer**, **Eiſen**, **Zinn**, **Zink**, **Wismuth**, **Spießglanz**, **Arſenik**, **Kobald**, **Nickel**, **Magneſium**, **Molybdän**, **Wolfram**, **Uran** und **Titan**.

§. 1068. Die Metalle übertreffen an ſpecifiſchem Gewichte alle übrige Foſſilien, doch iſt darin unter ihnen ſelbſt ein beträchtlicher Unterſchied. Sie ſind vollkommen undurchſichtig. Sie beſitzen einen eigenthümlichen Spiegelganz, der ein charakteriſtiſches Kennzeichen derſelben ausmacht, und ſtehen beym Fluſſe in der Schmelzhitze mit convexer Oberfläche *in* irdenen Schmelzgefäßen.

§. 1069. Mehrere Metalle ſind dehnbar, und ihre Theile laſſen ſich durch Druckwerk oder Hämmern an einander merklich verſchieben, ohne ihren Zuſammenhang zu verlieren, und ſie laſſen ſich ſo zu dünnen Blättern und Fäden ſtrecken, wie z. B. Gold, Silber, Platin, Kupfer, Bley, Zinn, Eiſen. Andere hingegen ſind ſpröde und laſſen ſich nicht ſtrecken und dehnen, z. B. Spießglanz, Arſenik, Kobald, Wismuth ꝛc. Man hat deshalb die Metalle eingetheilt in **Ganzmetalle** (Metalla perfecta) und **Halbmetalle** (Semimetalla). Allein dieſe Eintheilung iſt nicht gut ſtatthaft und die Benennung nicht gut gewählt. Denn es läßt ſich keine Grenzlinie zwi-

ſchen

ſchen ihnen ziehen, ſondern es gehen vielmehr die geſchmeidigen Metalle ganz unmerklich in die ſpröden über.

§. 1070. Die Metalle ſind alle ſchmelzbar, aber in verſchiedenen Graden. So ſchmelzt Queckſilber ſchon in der gewöhnlichen Temperatur unſrer Atmoſphäre; einige Metalle ſchmelzen noch vor dem Glühen, z. B. Zinn, Bley; andere nach dem Glühen, z. B. Silber, Gold, Kupfer, Eiſen. Alle Metalle, nur Eiſen und Platin ausgenommen, ſchmelzen, wenn ſie den gehörigen Grad der Hitze erreicht haben, plötzlich; die letztern hingegen werden erſt erweicht, und darauf beruhet ihre ſo nützliche Eigenſchaft, ſich ſchweißen zu laſſen.

§. 1071. Die Metalle ſind kryſtalliſirbar, wenn die dazu erforderlichen Bedingungen Statt finden (§. 142.). Bey den ſo genannten Halbmetallen iſt das innere kryſtalliniſche Gefüge leicht wahrzunehmen; bey den zähen fällt es darum nicht in die Augen, weil eben wegen ihrer Dehnbarkeit ſich beym Zerſtücken die Lage ihrer Theile ändert.

§. 1072. Die mehrſten Metalle ſind in ihrer Schmelzhitze feuerbeſtändig, wie Gold, Silber, Kupfer, Platin, Eiſen, Bley, Zinn, Nickel, Kobalt, Magneſium, Wolfram; einige hingegen ſind flüchtig und laſſen ſich in verſchloſſenen Gefäßen in die Höhe treiben, wie Queckſilber, Wismuth, Zink, Arſenik und Spießglanz. Die Feuerbeſtändigkeit der erſtern iſt freylich nur relativ, und man hat in der

größten Hitze großer Brenngläſer ſelbſt das Gold ſich verflüchtigen geſehen.

§. 1073. Die mehrſten Metalle laſſen ſich unter einander zuſammenſchmelzen, und es entſpringen daraus mannigfaltige **Metallgemiſche, Metallverſetzungen**, oder **Legirungen**, die wegen ihrer beſondern Eigenſchaften oft von ſehr großem Nutzen ſind. Dieſe Metallgemiſche ſind oft dichter, als ſie der Berechnung zu Folge ſeyn ſollten, oft weniger dicht. Merkwürdig iſt es, daß einige Metalle gar nicht mit einander zuſammengeſchmolzen werden können.

Wir merken hier von dieſen Metallgemiſchen: die Legirung des Goldes mit Kupfer oder Silber; die Legirung des Silbers mit Kupfer; beyde zu Münzen und andern Arbeiten: die Bronze (Aes), das Glockengut, Stückgut aus Kupfer und Zinn; das gelbe Kupfer, Meſſing, Tomback, Similor, aus Kupfer und Zink; das Zinnamalgama, aus Queckſilber und Zinn zur Belegung der Spiegel; das Schnellloth, aus Zinn, Bley und Wismuth; das weiße Kupfer, aus Kupfer und Arſenik.

§. 1074. Alle Metalle, nur Gold, Silber und Platin ausgenommen, erfahren eine höchſt merkwürdige Veränderung, wenn ſie beym Zutritte der Luft der Schmelzhitze ausgeſetzt werden. Um die hierbey Statt findenden Umſtände beſſer wahrnehmen zu können, ſtelle man folgenden Verſuch an. Man nehme eine genau abgewogene Menge von gleichen Theilen Bley und Zinn, und laſſe ſie in einem flachen Calcinirſcherben ſchmelzen. Das Metall verliert ſehr bald ſeine glänzende, ſpiegelnde Oberfläche, und wird mit einer grauen, erdigen Haut überzogen. Man ſtreiche dieſe mit einem eiſernen Spatel zurück, ſo kommt zwar wieder eine neue metalliſch-glänzende

Fläche zum Vorſcheine; ſie wird aber bald wieder von neuem mit der grauen, erdigen Haut bedeckt, und man kann endlich ſo bey fortgeſetzter Arbeit alles Metall in einen ſolchen grauen Staub verwandeln. Wenn man das Metall bis zum Glühen erhitzt, ſo geht dieſe Veränderung ſchneller vor, und man ſieht endlich das Metall ganz deutlich urſprünglich leuchtend werden, oder verbrennen, und es iſt jetzt der Unterſchied, daß der entſtandene Staub eine gelbliche Farbe erlangt. Durch Umrühren deſſelben muß man ſuchen, die noch nicht veränderten Theile des Metalles mit der Luft in Berührung zu bringen, wo ſie dann jene Veränderung ebenfalls leicht erfahren. Wenn man bey dieſer Arbeit Sorge trägt, daß von dem Metalle nichts verloren geht, ſo findet man nach Endigung des Prozeſſes und dem Erkalten, daß der pulverige, dem Anſehen nach erdige, Rückſtand etwa 12 Procent mehr wiegt, als das dazu angewandte Metall.

§. 1075. Es geht alſo bey dieſem Verſuche der metalliſche Glanz, der Zuſammenhang, die Geſchmeidigkeit, und eine große Anzahl ſinnlicher Eigenſchaften des Bleyes und Zinnes verloren, und dieſe Metalle verwandeln ſich dem Anſehen nach in eine Erde. Eine ähnliche Veränderung widerfährt auch bey gleicher Behandlung jedem dieſer Metalle beſonders. Metall, das auf irgend eine Weiſe dieſe Veränderung erfahren hat, heißt ein **Metallkalk** (Calx metallica); Metall hingegen, das mit allen den vorher beſchriebenen Eigenſchaften verſehen iſt, **reguliniſches Metall** oder **metalliſcher König** (Regulus); und die Operation,

 durch

durch welche ein reguliniſches Metall in Kalk verwandelt wird, das **Verkalken** (Calcinatio).

§. 1076. Alle Metalle, nur Gold, Silber oder Platin ausgenommen, werden im Feuer beym Zutritte der Luft verkalkt. Man unterſcheidet daher jene, welche durchs Feuer nicht verkalkt werden können, durch den Namen der **edeln Metalle** (Metalla nobilia), von den übrigen, welche **unedle** (Metalla ignobilia) genannt werden.

§. 1077. Die Metallkalke haben nach dem Unterſchiede der Metalle ſo wohl, woraus ſie entſtanden ſind, als nach dem Grade der bey der Verkalkung angewandten Hitze, verſchiedene Farben und verſchiedene Natur. Einige zeigen offenbar eine ſauerſalzigte Beſchaffenheit. Die Kalke der unedeln Metalle, nur der des Queckſilbers ausgenommen, gehen alle, wo nicht für ſich allein, doch in Verbindung mit andern, beym Schmelzen in ein Glas, oder wenigſtens in eine glaſichte Schlacke über, von anſehnlicher Dichtigkeit. Die Schmelzhitze, die dazu erforderlich iſt, iſt größer, als die, wobey die Metalle dieſer Kalke fließen.

§. 1078. Dieſe **metalliſchen Gläſer** (Vitra metallica) beſitzen andere Eigenſchaften, als ihre reguliniſchen Metalle. Sie fließen im Feuer in den irdenen Schmelzgefäßen nicht mehr mit convexer Oberfläche, löſen Erden und Alkalien im Fluſſe auf, was die reguliniſchen Metalle nicht thun, und laſſen ſich mit reguliniſchen Metallen durchaus nicht vereinigen.

Bey

Bey dem Verglaſen behalten die feuerbeſtändigen Metallkalke die Zunahme des Gewichts, die ſie bey ihrer Entſtehung über das Gewicht des angewandten Metalles erhalten haben. Die metalliſchen Gläſer beſitzen verſchiedene Farben, und die metalliſchen Kalke ertheilen auch den erdigten und ſalzigten Gläſern, womit ſie ſich verglaſen, ihrer unterſchiedenen Natur nach verſchiedene Farben, oft ſchon, wenn ſie ihnen nur in geringer Menge zugeſetzt werden. Metallkalke, die für ſich kein durchſichtiges Glas geben, können anderm Glaſe, mit dem ſie zuſammengeſchmolzen werden, auch die Durchſichtigkeit rauben. Auf die Verbindung anderer Gläſer mit den metalliſchen, und die Färbung durch dieſelbigen, gründet ſich die Bereitung der **künſtlichen Edelgeſteine** und **Glasflüſſe**, der **Pigmente zum Porzellän- und Emailmahlen**, der **Schmelzgläſer** und des **Emails**, und der **Glaſuren**.

§. 1079. Wenn man den Kalk von Bley, z. B. Bleyglätte oder Mennige, mit Kohlenſtaub vermengt, in einem bedeckten Schmelzgefäße der Schmelzhitze ausſetzt, ſo verwandelt er ſich wieder in reguliniſches Bley. Dieſe Operation, durch welche man die metalliſchen Gläſer und Kalke wieder in reguliniſches Metall verwandelt, heißt das **Wiederherſtellen** oder **Reduciren** (Reductio).

§. 1080. Die Wiederherſtellung der unedeln Metalle aus ihren Kalken und Gläſern erfordert allemal den Zuſatz einer verbrennlichen Subſtanz, wie z. B. der Kohle, oder ſolcher Dinge, die Kohlenſtoff

enthal-

enthalten, als: Seife, Pech, Harz, Fett, Oehl. Bey ſchwer-flüſſigen Metallkalken kann man ſich aber nur der feuerbeſtändigern Reducirmittel bedienen. Im Hüttenweſen dient gewöhnlich das Brennmaterial, die Kohle, zwiſchen denen man die Erze ſchmelzt, ſelbſt zum Reducirmittel. Um übrigens bey ſtreng-flüſſigen Kalken ihren Fluß und die beſſere Scheidung des reducirten Metalles von der Schlacke zu befördern, oder dieſe dünn-flüſſiger zu machen, braucht man noch Zuſätze, die als Flüſſe (§. 574.) dienen.

§. 1081. Ob man gleich die edeln Metalle nicht durch Feuer und Luft verkalken kann (§. 1076.), ſo kann es doch auf andern Wegen geſchehen, wie die Folge lehren wird. Ihre Kalke unterſcheiden ſich aber von denen der unedeln Metalle darin, daß ſie zu ihrer Wiederherſtellung keines Zuſatzes einer verbrennlichen Subſtanz bedürfen, ſondern beym Schmelzfeuer in der Glühehitze für ſich wieder zu reguliniſchen Metallen werden. Und hierin iſt ihnen auch der Kalk des Queckſilbers ähnlich.

§. 1082. Alle Umſtände bey dem Verkalken der Metalle durch Feuer und Luft lehren, daß dieſer Prozeß ein wirkliches **Verbrennen** iſt, und daß die reguliniſchen Metalle verbrennliche Subſtanzen ſind. Auch finden dabey durchaus eben dieſelbigen Phänomene Statt, als beym Verbrennen anderer Subſtanzen (§. 828.). Denn 1) beym Ausſchluſſe des Sauerſtoffgas iſt keine Verkalkung der Metalle durchs Feuer allein zu bewerkſtelligen. In genau verſchloſſenen

Gefä-

Gefäßen, oder unter einer Decke von Glas, Schlacken, Kohlenſtaub u. dergl. geſchmolzen, bleibt das reguliniſche Metall reguliniſch. Auch geſchieht die Verkalkung des Metalles nur an der Oberfläche deſſelben, wo die Luft Zutritt hat. 2) Beym Verkalken der Metalle durch die Hitze wird das Sauerſtoffgas verzehrt, und in einer beſtimmten Menge deſſelben kann nur eine gewiſſe Menge des Metalles verkalkt werden. 3) Der Ueberſchuß des Gewichts des Metallkalkes über das des dazu angewandten reguliniſchen Metalles correſpondirt dem Gewichte des dabey verſchwindenden Antheils des Sauerſtoffgas.

Grens ſyſtem. Handb. der Chemie. Th. III. §. 2178. ff. *Lavoiſier* traité élément. T. I. S. 85.

§. 1083. Die Theorie des Verkalkens der Metalle kommt alſo ganz mit der Theorie des Verbrennens überhaupt (§. 844.) überein. Die unedeln Metalle ſind nämlich verbrennliche, oder ſolche brennſtoffhaltige Subſtanzen, die bey einem gewiſſen Grade der Temperatur das Vermögen beſitzen, den Sauerſtoff ſtärker anzuziehen, als er vom Wärmeſtoffe im Sauerſtoffgas angezogen wird. Wenn ſie alſo beym Zutritte der atmoſphäriſchen Luft im Schmelzen den dazu nöthigen Grad der Hitze erreicht haben, ſo zerſetzen ſie das Sauerſtoffgas dadurch, daß ſie ſich mit dem Sauerſtoffe deſſelben verbinden, während ihr Brennſtoff mit dem Wärmeſtoffe austritt. Die Metalle werden durch die Verbindung mit dem Sauerſtoffe natürlicher Weiſe in ihrer Natur und in ihren Eigenſchaften geändert; ſie werden Metallkalke, und

durch Schmelzen derſelben metalliſche Gläſer. Die Gewichtszunahme und die Uebereinſtimmung dieſer mit dem Gewichte des verſchwundenen Sauerſtoffgas erklärt ſich nun leicht; ſo wie der Umſtand, warum beym Ausſchluſſe aller Luft die Verkalkung der Metalle durchs Feuer nicht Statt hat, und warum in einer beſtimmten Menge von Luft nur eine gewiſſe Quantität des Metalles ſich verkalken kann.

§. 1084. Einige Metalle werden bey ihrer Verkalkung, wenn ſie vollkommen iſt, auch zu wirklichen Säuren, wie das Arſenik und das Molybdän; andere hingegen zeigen noch keine ſaure Beſchaffenheit, es ſey nun, daß ihre Grundlage dazu nicht fähig iſt, oder daß ſie nicht ſo viel Sauerſtoff aufnehmen können, als zu ihrer Säurebildung erforderlich wäre. Man hat deshalb die Metallkalke in der neuern Nomenclatur Oxiden (*Oxides*) genannt. Die Verkalkung ſelbſt iſt eine **Oxidirung** (*Oxidation*).

§. 1085. Die Wiederherſtellung der Metalle aus ihren Kalken und Gläſern iſt demnach eine **Desoxidirung** (*Desoxidation*), oder eine Scheidung des Sauerſtoffes von dem damit verbundenen Metalle und zugleich eine Wiedererſtattung ſeines verlornen Brennſtoffes. Dies kann bey den unedeln Metallen nicht durchs bloße Feuer geſchehen, wenigſtens nicht auf eine vollſtändige Weiſe, ſondern es iſt nöthig, daß noch eine verbrennliche Subſtanz zugeſetzt werde, die in der gehörigen Temperatur näher mit dem Sauerſtoffe verwandt iſt, als das Metall. Dies iſt der

Kohlenſtoff, der in der Temperatur des Glühens den Sauerſtoff ſtärker anzieht, als er vom Metalle angezogen wird, damit als kohlenſaures Gas entweicht, dem Metalle aber ſeinen Brennſtoff überläßt, und ſo durch beydes das Metall wieder reguliniſch macht, wenn er in hinreichender Menge zugegen iſt.

§. 1086. Um dies zu beſtätigen, reibe man 1 Unze Bleyglätte mit 2 Quentchen Kohlenſtaub genau zuſammen, ſchütte das Gemenge in eine kleine irdene Retorte, ſetze dieſe mit dem pneumatiſchen Apparate in Verbindung, und erhitze ſie ſtufenweiſe bis zum Glühen. Anfangs tritt die atmoſphäriſche Luft aus, aber nachher folgt kohlenſaures Gas. Nach Endigung der Operation findet man den Bleykalk in der Retorte zum reguliniſchen Bley hergeſtellt.

§. 1087. Man nehme ferner 1 Unze rothen Queckſilberkalk, reibe ihn mit 1 Quentchen Kohlenſtaub innig zuſammen, und verfahre wie vorher (§. 1086.). Man wird hierbey ähnliche Producte erhalten, nämlich kohlenſaures Gas und laufendes Queckſilber, das, weil es in der Hitze flüchtig iſt, überdeſtillirt und ſich in der Mittelflaſche ſammelt. — Hr. **Lavoiſier** fand hierbey, daß 1 Unze (franz.) rother Queckſilberkalk 7 Quentchen 34,3 Gr. laufendes Queckſilber gab; daß dabey 75,5 Cubikzoll (pariſ.) kohlenſaures Gas entwickelt wurden, deren Gewicht 52,45 Gr. beträgt; und daß von der angewandten Kohle 14,75 Gr. verzehrt worden waren. Dieſe 14,75 Gr. Kohle hatten alſo 37,7 Gr. Sauerſtoff aus dem Queckſilber in ſich genommen, während

rend ſie dieſen zum reguliniſchen Queckſilber reducirt hatten.

Lavoiſier's oben (§. 953.) angef. Abhandl.

§. 1088. Die edeln Metalle beſitzen eine zu geringe Verwandtſchaft zum Sauerſtoffe, als daß ſie ihn dem Sauerſtoffgas entziehen könnten. Dies iſt der Grund ihrer Unverkalkbarkeit im Feuer; aber auch der Grund von der Wiederherſtellung ihrer, durch andere Mittel erzeugten, Kalke, vermittelſt des glühenden Fluſſes für ſich, ohne Reducirmittel (§. 1081.). Im letztern Falle iſt ihnen der Kalk des Queckſilbers ähnlich, das zwar bey einem Grade der Hitze vor dem Glühen durch das Sauerſtoffgas verkalkt werden kann, aber durch die Glühehitze ſeinen Sauerſtoff wieder entläßt. So wird das Queckſilber ein ſehr gutes Mittel, die atmoſphäriſche Luft zu zerlegen und ihre Zuſammenſetzung zu zeigen. Man nehme eine Unze rothen Queckſilberkalk, ſchütte ihn in eine kleine gläſerne Retorte, die durch eine Mittelflaſche mit dem pneumatiſchen Apparate in Verbindung iſt. Man erhitze die Retorte vorſichtig bis zum Glühen. Anfänglich tritt die atmoſphäriſche Luft der Geräthſchaft aus, nachher aber geht reines Sauerſtoffgas über, wobey ſich das Queckſilber reducirt und in die Mittelflaſche überdeſtillirt. Das Gewicht alles erhaltenen Queckſilbers beträgt etwa 32 Gran (nürnb.) weniger, als der dazu angewandte Queckſilberkalk.

§. 1089. Bey der Wiederherſtellung der Kalke der edeln Metalle und des Queckſilbers verbindet ſich

alſo

alſo in der dazu erforderlichen Glühehitze die Baſis des Lichts oder der Brennſtoff des Feuers wieder mit dem Metalle, und der Wärmeſtoff wieder mit dem Sauerſtoffe, und dieſer tritt als Sauerſtoffgas aus; und das Metall kommt dadurch wieder in den reguliniſchen Zuſtand.

§. 1090. Die Metalle beſitzen nach ihrer ſpecifiſchen Natur nicht gleich ſtarke Verwandtſchaft zum Sauerſtoffe. Auch iſt die Quantität Sauerſtoff, den gleiche Quantitäten ſpecifiſch verſchiedener Metalle bis zu ihrer Sättigung aufnehmen, nicht gleich groß.

§. 1091. Nicht nur die Kalke der verſchiedenen Metalle unterſcheiden ſich von einander durch einen verſchiedenen Gehalt von Sauerſtoff; ſondern es iſt auch ein und daſſelbige Metall eines verſchiedenen Grades der Oxidirung fähig, und ſeine, ſolcher Geſtalt mit verſchiedener Quantität von Sauerſtoff verbundene, Kalke unterſcheiden ſich in ihren Eigenſchaften, ihrer Farbe, und ihrem Verhalten gegen andere Körper. So verwandelt ſich z. B. das Bley beym ſtärkern oder ſchwächern Verkalken, nach Maaßgabe der Hitze, in einen grauen, oder gelben, oder röthlichen Kalk; das Queckſilber durch Schütteln in der gewöhnlichen Temperatur der Luft in einen ſchwarzen, durch ſtärkere Hitze in einen rothen Kalk.

§. 1092. Einen Metallkalk, der ſo viel Sauerſtoff aufgenommen hat, daß er die Grenze der Sättigung damit erreicht hat oder ihr nahe iſt, nenne ich voll-

vollkommenen Metallkalk, im Gegenſatze von einem unvollkommenen (*Oxide metallique du premier degré d'oxidation*), der noch nicht mit Sauerſtoff geſättigt oder noch einer ſtärkern Oxidirung fähig iſt, und alſo auch noch Brennſtoff enthält.

§. 1093. Die vollkommenen Kalke einiger unedeln Metalle entlaſſen in der Glühehitze für ſich einen Antheil ihres Sauerſtoffes und verwandeln ſich ſo in unvollkommnere Kalke, wie z. B. die rothe Mennige, der ſchwarze Kalk des Magneſiums, der rothe Eiſenkalk, die Arſenikſäure. Hierauf gründet ſich die Anwendbarkeit des Braunſteines zur Gewinnung des Sauerſtoffgas (§. 832.).

§. 1094. Die unedeln Metalle entziehen nicht nur dem Sauerſtoffgas in der Hitze und beym Schmelzen den Sauerſtoff, ſondern auch verſchiedenen andern Materien, womit er vereinigt iſt, ſo daß es alſo außer der Verkalkung der Metalle durch Feuer und Luft noch mehrere Mittel giebt, Metallkalke hervorzubringen.

§. 1095. Ein ſehr wirkſames Mittel hierzu iſt der Salpeter, mit welchem alle Metalle, deren Kalke durch bloßes Glühen nicht wiederhergeſtellt werden (§. 1081.), in der Glühehitze unter den ſchon bekannten Erſcheinungen (§. 1022. ff.) verpuffen und in vollkommene Kalke verwandelt werden, die mit dem Gewächsalkali des Salpeters zurückbleiben.

§. 1096. Diejenigen Metalle, deren Anziehung zum Sauerſtoffe ſehr ſtark iſt, wie z. B. Eiſen, Magneſium

neſium und Zink, entziehen ihn auch in der Glühe-hitze dem Waſſerſtoffe, und zerſetzen ſolcher Geſtalt das Waſſer, wovon ſchon oben (§. 914. ff.) ein Bey-ſpiel vorgekommen iſt. Sie werden dabey aber nur in unvollkommene Kalke verwandelt. Auch ſchon in der gewöhnlichen Temperatur, aber freylich nur ſehr langſam, können die erwähnten Metalle das Waſſer zerſetzen und ſich durch Aufnahme ſeines Sauerſtoffes in unvollkommene Kalke verwandeln.

§. 1097. Metalle, deren Verwandtſchaft zum Sauerſtoffe nicht ſehr ſtark iſt, laſſen ſich aus ihren Kalken durch Waſſerſtoffgas auch wiederherſtellen, wenn man ſie darin unter einem Glascylinder durch Hülfe eines Brennglaſes hinlänglich bis zum Schmel-zen erhitzt, wobey ſich aus dem Sauerſtoffe des Me-tallkalkes und dem Waſſerſtoffe wieder Waſſer erzeugt, und folglich das Waſſerſtoffgas zerſetzt wird. Der Verſuch läßt ſich mit Bleykalken und noch leichter mit Queckſilberkalk anſtellen. Metalle, die den Sauer-ſtoff ſehr ſtark anziehen, werden auf dieſe Weiſe zwar aus vollkommnern Kalken zu unvollkommnern ge-bracht, aber doch nicht völlig hergeſtellt, z. B. Eiſen.

Prieſtley, in Crells chem. Annal. J. 1786. B. I. S. 23.

§. 1098. Alle unedle Metalle verlieren mit der Zeit an der bloßen Luft, und zwar einige früher, andere ſpäter, ihren metalliſchen Glanz, werden un-ſcheinbar oder laufen an, und einige davon werden in Roſt verwandelt. Dieſes Roſten iſt ein wahres Ver-kalken der Metalle, woran aber die Feuchtigkeit der

Atmo-

Atmoſphäre ſo viel Antheil haben möchte, als das Sauerſtoffgas derſelben. Dieſer Roſt iſt oft ein vollkommener Metallkalk, und gewöhnlich auch mit Kohlenſäure aus der Atmoſphäre verbunden.

§. 1099. Die Metalle ſind in den **Säuren** auflösbar; doch greift nicht jede Säure jedes reguliniſche Metall an. Die Auflöſung aller reguliniſchen Metalle in Säuren geſchieht mit Entwickelung von Gas; nur die einzige Salzſäure macht eine Ausnahme. Die Gasarten, die ſich dabey erzeugen, ſind: mit concentrirter Schwefelſäure **ſchwefligtſaures Gas** (§. 975.), mit Salpeterſäure **Salpetergas** (§. 1009.), mit verdünnter Schwefelſäure und mit ſalzigter Säure **Waſſerſtoffgas** (§. 924.).

§. 1100. Schon die Theorie dieſer Gasarten ergiebt, daß die reguliniſchen Metalle bey ihrer Auflöſung in Säuren Sauerſtoff aufnehmen und Brennſtoff entlaſſen, oder ſich verkalken, und daß ſie in ihren ſauern Auflöſungsmitteln nicht als reguliniſche Metalle, ſondern als Metallkalke enthalten ſind. Da auch die edeln Metalle von Säuren aufgelöſ't werden können, ſo folgt, daß auch ſie dabey verkalkt werden; und dies iſt auch das Mittel, die edeln Metalle in den kalkförmigen Zuſtand zu verſetzen.

§. 1101. Die metalliſchen Auflöſungen in Säuren können die Metalle entweder als unvollkommenen oder als vollkommenen Kalk enthalten, nach Maaßgabe der dabey angewandten Hitze oder der Zerlegbarkeit

barkeit der Säuren. Ein und daſſelbe Metall kann alſo mit einer und derſelbigen Säure verſchiedentlich geartete Verbindungen geben. Dieſe Verbindungen der verkalkten Metalle mit den Säuren machen eine wichtige Claſſe von Salzen, die **metalliſchen Salze** (Salia metallica), aus, die ſich unter einander ſo wohl nach der Natur der metalliſchen Baſis, als der Säure, die ſie enthalten, mannigfaltig von einander unterſcheiden.

§. 1102. Die feuerbeſtändigen Alkalien ſchlagen das in Säure aufgelöſ'te Metall, wegen der nähern Verwandtſchaft der Säuren zu ihnen, nieder, und der Niederſchlag iſt kalkförmig.

§. 1103. Die verſchiedenen Metalle ſchlagen ſich wechſelſeitig aus ihren Auflöſungen in Säuren nieder. Man hänge z. B. in die Auflöſung des Kupfers in Schwefelſäure (des Kupfervitriols) ein polirtes Stahlblech ſo wird dieſes auf ſeiner Oberfläche bald mit reguliniſchem Kupfer überzogen werden, und mit der Zeit wird bey hinreichender Menge von Eiſen alles Kupfer niederfallen und die Kupferauflöſung in genau verſchloſſenen Gefäßen in Eiſenauflöſung verwandelt werden. Man bemerkt bey dieſen Niederſchlägen eines Metalles durch ein anderes keine Spur von Gasentwickelung, wenn die Solutionen keine freye Säure enthalten. Da aber doch das fällende Metall nicht anders aufgelöſ't werden kann, als daß es verkalkt werde, ſo folgt, daß es ſich auf Koſten des gefällten Metalles verkalke und dieſes eben dadurch wiederherſtelle.

§. 1104.

§. 1104. Die Niederſchlagung eines aufgelöſ'ten Metalles aus einer Säure durch ein anderes reguliniſches geſchieht alſo durch die Anziehung des fällenden Metalles zum Sauerſtoffe, welche ſtärker iſt, als diejenige, welche das aufgelöſ'te Metall dagegen beſitzt. Die Ordnung, in welcher ſich die Metalle aus den Säuren einander niederſchlagen, giebt alſo die Verwandtſchaftsfolge derſelben gegen den Sauerſtoff, und es läßt ſich daraus auch erklären, warum ſie bey allen Säuren einerley iſt.

Nach mehrern Beobachtungen findet folgende Verwandtſchaftsfolge der Metalle zum Sauerſtoffe Statt:

Zink.
(Magneſium, Kobalt, Nickel.)
Eiſen.
Bley.
Zinn.
Kupfer.
Wismuth.
Spießglanz.
Arſenik.
Queckſilber.
Silber.
Gold.
Platin.

§. 1105. Mehrere Metalle bilden bey ihrer Niederſchlagung aus den Säuren durch andere reguliniſche Metalle kryſtalliniſche Gruppen, und geben ſo Gelegenheit zur Entſtehung der ſo genannten **künſtlichen Vegetationen und Metallbäumchen** (Vegetationes metallicae).

Hierher gehört insbeſondere: 1) der Silberbaum (*Arbor Dianae*). Man nimmt drey Theile geſättigte Auflöſung des Silbers in Salpeterſäure, zwey Theile geſättigte Auflöſung des Queckſilbers in Salpeterſäure, und zwanzig Theile deſtillir-

deſtillirtes Waſſer, vermiſcht es mit einander, ſeihet es klar durch, und gießt es in ein enges cylindriſches Glas mit flachem Boden auf drey Theile von einem Amalgama, das aus einem Theile Silber und ſieben Theilen Queckſilber gemacht und völlig reguliniſch iſt. Es ſchlägt ſich nun durch die Zeit und Ruhe das Silber reguliniſch nieder, amalgamirt ſich mit dem überflüſſigen Queckſilber, und bildet kryſtalliniſche Anſchüſſe, deren Gruppirung die Vegetation ausmacht.

2) Der Bleybaum (*Arbor Saturni*). Man löſet Bleyzucker in deſtillirtem Waſſer auf, ſeihet die Auflöſung klar durch, ſchüttet ſie in einen ſchmalen Glascylinder, und hängt an einem Faden ein Stück oder eine Stange Zink hinein. Es ſchlägt ſich das Bley durch die Ruhe kryſtalliniſch nieder und hängt ſich an den Zink an.

3) Der Zinnbaum (*Arbor Iovis*). Man erhält ihn, wie den vorigen, wenn man in die Auflöſung des Zinnes in Eſſigſäure reguliniſchen Zink hängt.

§. 1106. Der **Schwefel** verbindet ſich im Fluſſe mit allen Metallen und löſ't ſie auf, ausgenommen Gold, Platin und Zink. Die Gemiſche, welche daraus entſpringen, die **Schwefelmetalle** (Metalla ſulphurata, *Sulſures matalliques*), ſind verſchieden, nicht bloß nach Verſchiedenheit der Metalle ſelbſt, ſondern auch bey einem und demſelbigen Metalle, je nachdem es reguliniſch oder als unvollkommener Kalk mit dem Schwefel vereinigt iſt. Die Natur liefert uns dergleichen Verbindungen von Schwefel und Metallen häufig, als **Erze**.

§. 1107. Einige Schwefelmetalle **verwittern** in feuchter Luft. Durch die Verbindung des Metalles und des Schwefels wird die Anziehung derſelben zum Sauerſtoffe verſtärkt; ſie entziehen ihn ſo wohl der Feuchtigkeit, als dem Sauerſtoffgas, und es erzeugt ſich nun ſo ſchwefelſaures Metall. Beym Verwittern des Schwefeleiſens (Schwefelkieſes) kann auch wohl

Selbſtentzündung entſtehen (§. 849.). Daß an dieſem Verwittern der Schwefelmetalle auch die Feuchtigkeit der Atmoſphäre Antheil habe, erhellet aus dem ſchwefelhaltigen Waſſerſtoffgas, welches ſich bey der Einwirkung von Eiſenfeil, Schwefel und Waſſer erzeugt.

§. 1108. Merkwürdig iſt es, daß, wenn Schwefel und reguliniſche Metalle zuſammengeſchmolzen werden, bey der erſten Einwirkung des Schwefels darauf, ſich Glühen des entſtehenden Gemiſches zeigt, obgleich die Schmelzhitze nicht das Glühen erreicht, und obgleich alles Sauerſtoffgas hierbey ausgeſchloſſen iſt. Der Verſuch läßt ſich leicht mit einem Gemenge von einem Theile Schwefel und drey Theilen Kupferfeil in einer Glasröhre über Kohlenfeuer anſtellen. Die Erklärung des Phänomens iſt ſchon oben (§. 823.) gegeben worden.

§. 1109. Das **Schwefelalkali** iſt ebenfalls ein kräftiges Auflöſungsmittel für die Metalle auf trockenem Wege. Dieſe Verbindung löſ't ſich auch im Waſſer auf. Wenn man zu der Auflöſung der mit Schwefelalkali vereinigten Metalle im Waſſer eine Säure ſetzt, ſo wird das Schwefelalkali natürlicher Weiſe zerſtört, und es fallen der Schwefel und das Metall zuſammen nieder. Aber dieſer Niederſchlag iſt keinesweges als reines Schwefelmetall zu betrachten, wie man bisher geglaubt hat, ſondern iſt eine Verbindung des Metalles mit der Baſis des ſchwefelhaltigen Waſſerſtoffgas (§. 986.), die man **waſſer-**

ſtoff-

ſtoffhaltiges Schwefelmetall (Metallum hydrogenio-ſulphuratum) nennen könnte. Herr **Berthollet** nennt ſie *Hydro-ſulſures.*

§. 1110. Im ſchwefelhaltigen Waſſerſtoffgas laufen die reguliniſchen Metalle an, nur Gold und Platin ausgenommen, indem ſie daraus waſſerſtoffhaltigen Schwefel anziehen. Vollkommene Metallkalke werden hierbey zu gleicher Zeit mehr in den reguliniſchen Zuſtand gebracht.

§. 1111. Der **Phosphor** geht mit den reguliniſchen Metallen Vereinigung ein, wie der Schwefel, und macht ſie leicht-flüſſig.

§. 1112. Mit dem **Kohlenſtoffe** gehen nur wenige Metalle Verbindungen ein. Das Reißbley iſt ein Beyſpiel dieſer Zuſammenſetzung. Von dieſen **kohlenſtoffhaltigen Metallen** (Metalla carboneata, *Carbures metalliques*) kennt man jetzt, außer dem aus Eiſen, noch das aus Kupfer nach Herrn **van Marums** Verſuchen. Mir ſcheint es doch, daß die Metalle, wenn ſie mit Kohlenſtoff in Vereinigung treten, es als unvollkommene Kalke thun.

§. 1113. Wir betrachten nun noch die Metalle einzeln nach ihren vorzüglichſten Unterſcheidungsmerkmalen und Producten. 1) **Gold** (Aurum). Ein edles Metall von einer gelben Farbe. Hat nach dem Platin das größeſte eigenthümliche Gewicht unter allen bekannten Materien, eine mäßige Härte, geringe

Federkraft und wenig Klang, eine ſehr große Zähigkeit und Ductilität, keinen Geruch und keinen Geſchmack; iſt unwandelbar in der Luft und im Waſſer in ſeinem metalliſchen Glanze; ſchmelzt erſt in der Weißglühehitze; fließt mit einer Aquamarinfarbe; iſt ſehr feuerbeſtändig, und wird im reguliniſchen Zuſtande nur von der Salzſäure, und durch ſie vom ſo genannten Königswaſſer oder Goldſcheidewaſſer, ſonſt aber von keiner Säure aufgelöſ't, die es nur im kalkförmigen Zuſtande auflöſen können. Der Kalk des Goldes färbt das Glas roth.

Zu den merkwürdigſten Producten des Goldes gehören:

1) Die Auflöſung des Goldes in Königswaſſer. Sie iſt goldgelb von Farbe, und macht auf der Haut purpurrothe Flecke.

2) Das Knallgold (Aurum fulminars), das aus der Auflöſung des Goldes durch Niederſchlagung mit Ammoniak und Ausſüßen mit Waſſer erhalten wird.

3) Der Goldpurpur des Caſſius (Purpura mineralis), aus der verdünnten Auflöſung des Goldes in Königswaſſer durch Auflöſung des Zinnes in Königswaſſer niedergeſchlagen. Er iſt Gold- und Zinnkalk, und ſchön-purpurroth von Farbe.

§. 1114. 2) **Platin, Platina** (Platinum). Es iſt ein edles Metall von einer ſilberweißen Farbe. Es kommt aus Peru in America in Geſtalt kleiner, rundlicher gefletſchter Körner zu uns, die faſt das Anſehen des Eiſenfeils haben und ſich wegen des anklebenden Eiſengehalts vom Magnet ziehen laſſen, was das reine Platin nicht thut. Das eigenthümliche Gewicht des reinen Platins iſt größer, als das irgend einer bekannten Materie. Es läßt ſich dehnen und hämmern, oder iſt ſtreckbar, und übertrifft an Feſtigkeit das Gold. Seine Härte iſt geringer als die vom geſchmei-

geſchmeidigen Eiſen, aber größer, als die vom Kupfer. Es iſt ſehr ſtreng-flüſſig, läßt ſich aber im Glühen ſchweißen; hat keinen Geſchmack und keinen Geruch, und verliert an der Luft ſeinen Glanz nicht. Es wird von keiner bekannten Säure aufgelöſ't, außer von der Salzſäure, und durch dieſelbe vom Königswaſſer. Dieſe Auflöſung färbt die Haut ſchwarzbraun.

§. 1115. 3) **Silber** (Argentum). Es iſt ein edles Metall von einer weißen Farbe und einem ſehr ſtarken Glanze, ſehr dehnbar, von einer größern Härte und Federkraft als das Gold, aber von einer geringern, als das Kupfer, und ohne Geruch und Geſchmack. Es ſchmilzt bey einer Hitze, die etwas geringer iſt, als die, worin das Gold fließt und die anfangende Weißglühehitze iſt. An der Luft iſt es keinem Roſten und Beſchlagen ausgeſetzt, nur durch ſchweflige Dünſte läuft es ſchwarz, auch wohl bunt, an. Das wirkſamſte Auflöſungsmittel für das Silber iſt die Salpeterſäure; die Auflöſung iſt ungefärbt und klar, ätzend und ſcharf, und färbt die Haut ſchwarz.

Wir merken: 1) das ſalpeterſaure Silber, aus dem man durch Schmelzen und Verjagen des Kryſtalliſationswaſſers 2) den Höllenſtein (Lapis infernalis lunaris) bereitet; 3) Hornſilber (Luna cornua), oder die Verbindung des Silberkalks mit ſalzigter Säure; 4) Knallſilber (Argentum fulminans), oder den Niederſchlag des Silbers aus der Salpeterſäure durch Kalkwaſſer, der nach dem Ausſüßen mit Ammoniak am Tageslichte digerirt worden iſt.

§. 1116. 4) **Queckſilber** (Hydrargyrum, Argentum vivum, Mercurius). Es hat den Glanz und

und die Farbe des Silbers, iſt in der bey uns gewöhnlichen Temperatur der Atmoſphäre ſtets flüſſig, oder geſchmolzen, und alſo das leicht-flüſſigſte aller Metalle. Es wird erſt feſt bey einer Verminderung der Wärme bis 40 Gr. unter 0 nach Fahrenheit. Im Feuer iſt es flüchtig, es kocht bey 600° nach Fahrenheit, und läßt ſich in Dunſt oder in expanſibele Flüſſigkeit verwandeln. Durch Schütteln und Reiben unter Zutritt der Luft verwandelt es ſich in einen unvollkommen ſchwarzgrauen; und durch anhaltendes Erhitzen in einen vollkommenen, dunkelrothen Kalk, der ſcharf und metalliſch ſchmeckt. Dieſe und alle Kalke des Queckſilbers laſſen ſich durch die Glühehitze wieder zu reguliniſchem Queckſilber herſtellen, auch ohne Zuſatz von brennlichen Dingen (§. 1081.). Die Salpeterſäure löſ't das Queckſilber leicht auf, und die Auflöſung iſt ungefärbt und klar, ſcharf und ätzend von Geſchmack, färbt die Haut ſchwarz und läßt ſich kryſtalliſiren.

Wir merken von den Producten des Queckſilbers:

1) Den durch Schütteln und Reiben des laufenden Queckſilbers zu gewinnenden ſchwarzgrauen Kalk, oder den Aethiops per ſe (*Oxide de mercure noirâtre*); 2) den durchs Feuer zu verfertigenden dunkelrothen vollkommenen Queckſilberkalk, oder den Mercurius praecipitatus per ſe (*Oxide de mercure rouge par le feu*); mit welchem 3) der durchs Abrauchen der Auflöſung des Queckſilbers in Salpeterſäure und Calciniren des Rückſtandes zu erhaltende Queckſilberkalk, oder der Mercurius praecipitatus ruber (*Oxide de mercure par l'acide nitrique*) übereinkommt; 4) den Queckſilbervitriol, oder die Verbindung des Queckſilberkalks mit Schwefelſäure, die nach dem Abwaſchen mit heiſſem Waſſer 5) das ſchöngelbe mineraliſche Turpeth, Turpethum minerale, (*Oxide de mercure jaune par l'acide ſulfurique*) giebt; 5) das ſalpeterſaure Queckſilber; 6) den ätzenden Queckſilberſublimat (Mercurius ſublimatus corroſivus); 7) den weiſſen Präcipitat (Mercurius praecipitatus albus), und 8) das verſüßte Queckſilber (Mercu-

(Mercurius dulcis), die alle drey ſalzigtſaures Queckſilber ſind, und ſich dadurch unterſcheiden, daß in dem erſtern der Queckſilberkalk vollkommen verkalkt, in dem dritten unvollkommen verkalkt iſt, und in dem zweyten ſich mehr oder weniger dem erſten oder dritten nähert.

Die Auflöſung anderer Metalle im Queckſilber heißt Amalgama.

§. 1117. 5) **Bley** (Plumbum, Saturnus). Seine Farbe iſt bläulich-weiß; ſein Glanz auf dem friſchen Bruche zwar ziemlich ſtark, es verliert ihn aber bald an der Luft und wird unſcheinbar; mit der Zeit roſtet es an der Luft und wird mit einem grau-lich-weißen Beſchlage überzogen, der kohlenſaurer Bley-kalk iſt. Die Ductilität des Bleyes iſt ziemlich groß, aber ſeine Zähigkeit und Härte ſehr geringe. Es hat einen eigenen Geruch, wenn es gerieben oder gebrannt wird. Im Feuer ſchmilzt es ſehr leicht, vor dem Glühen, bey 540 Gr. Fahrenh. Beym Glühen und in ſtarker Gluth iſt es flüchtig und verwandelt ſich in einen weißlichen Rauch. Es wird beym Schmelzen leicht verkalkt und in einen grauen Kalk (Bleyaſche) verwandelt, der bey ſtärkerer Hitze gelblich wird (Maſticot), dann in eine Art von Zuſammenſinterung kommt, und eine blaß-röthliche Farbe annimmt (Silberglätte, Bleyglätte), und zuletzt zu einem wirklichen Glaſe fließt (Bleyglas), das ſchön durchſichtig, honiggelb, und anſehnlich dicht iſt. Die Auflöſung des Bleyes in Säuren iſt ungefärbt.

Vom Bleye iſt zu merken: 1) die **Bleyaſche** (Cinis ſaturni, Calx plumbi gryſea), der unvollkommene Kalk des Bleyes, der ſich bey der Hitze bildet, die noch nicht das Glühen erreicht; 2) der **Maſticot** (Ceruſſa citrina, *Oxide de plomb jaune*), ein vollkommener Bleykalk, der beym anfangenden Glühen des vorigen Kalks entſteht; 3) die **Bleyglätte** (Lithargyrum, *Oxide de plomb demi-vitreux*), oder der vollkommene Kalk, der eine anfangende Zuſammenſinterung beym Glühen

hen erlitten hat; 4) die Mennige (Minium, *Oxide de plomb rouge*), der vollkommenſte Bleykalk, der aus dem mit Waſſer angefeuchteten Maſticot durch Calciniren erhalten wird; 5) das Bleyweiß (Cerussa alba), der durch die Dämpfe des Eſſigs gebildete kohlenſaure Bleykalk; 6) das Bleyglas (Vitrum ſaturni), das durchs völlige Schmelzen aller vorhergenannten Bleykalke entſteht und die Grundlage der Glaſur auf dem gemeinen Töpferzeuge ausmacht; 7) der Bleyeſſig (Acetum lythargyri, *Acetite de plomb*), die Auflöſung des Bleykalks in Eſſigſäure, die durch Abdunſten zu 8) dem Bleyzucker (Saccharum ſaturni), einem ſüß ſchmeckenden Salze anſchießt, deſſen ſüßer Geſchmack eben zu der gottloſen Verfälſchung des Weins mit Bleyglätte Anlaß gegeben hat.

§. 1118. 6) Kupfer (Cuprum, Venus). Es hat eine röthliche Farbe, iſt ſehr ductil und geſchmeidig, von einer großen Zähigkeit, einer beträchtlichen Härte und ziemlichen Federkraft; es iſt daher ſehr klingend. Beym Reiben und Erhitzen zeigt es einen merklichen und widrigen Geruch. Zum Schmelzen erfordert es eine ſtarke und Weißglühehitze, die man auf 1450° Fahrenh. ſchätzt. Beym allmähligen Erhitzen unter dem Zutritte der Luft läuft es mit bunten Regenbogenfarben an, und wird endlich mit einem ſchuppichten Kalke, dem Glühespan, überzogen. In der Glühehitze brennt das Kupfer, wenn die Luft Zugang haben kann, mit einer ſchönen grünen und blauen Flamme, und einem Rauche, der einen grün-grauen Kalk abſetzt. An der Luft verliert das Kupfer bald ſeinen reguliniſchen Glanz, und wird, wenn dieſe feucht iſt, auf der Oberfläche mit einem grünen Roſte überzogen, der ein kohlenſaurer Kupferkalk iſt. Faſt alle Säuren greifen das reguliniſche Kupfer geradezu an, und geben damit blaue oder grüne Auflöſungen.

Zu den merkwürdigſten Producten des Kupfers gehören:

1) Der Kupfervitriol (Vitriolum de cypro) oder das ſchwefelſaure Kupfer in blauen Kryſtallen; 2) das ſalzigt-

ſaure

ſaure Kupfer, das bey der Verdünnung mit Waſſer eine ſympathetiſche Tinte giebt, wovon die Schriftzüge beym Austrocknen unſichtbar werden und durch Erwärmen wieder gelb zum Vorſcheine kommen; 3) das Spangrün, der Grünſpan (Viride aeris), ein kohlenſaurer, mit etwas Eſſigſäure verbundener Kupferkalk, durch Hülfe der Eſſigſäure gebildet; 4) der kryſtalliſirte Grünſpan (Viride aeris cryſtalliſatum), oder das kryſtalliſirte eſſigſaure Kupfer; 5) die ſchön laſurblaue Auflöſung des Kupfers in Ammoniak (Cuprum ammoniacale); 6) das braunſchweigiſche Grün, ein durch die ſalzigte Säure des Salmiaks gebildeter Kupferkalk.

§. 1119. 7) **Eiſen** (Ferrum, Mars). Kein einziges Metall iſt einer ſolchen Abwechſelung ſeiner Eigenſchaften fähig, als das Eiſen, dergeſtalt, daß man mit Recht eigene Arten deſſelben zu unterſcheiden genöthigt wird. Dahin gehören: **geſchmeidiges Eiſen, Roheiſen** oder **Gußeiſen**, und **Stahl**. a) **Geſchmeidiges Eiſen** (Ferrum cuſum, ductile). Es hat eine graulich-weiße Farbe, einen lichtgrauen, glänzenden, faſericht-hackigen Bruch; ſeine Härte iſt nicht viel größer, als die vom Kupfer; es läßt ſich kalt und warm ſtrecken und ſchmieden, und hat eine große Zähigkeit, eine beträchtliche Dehnbarkeit, eine mäßige Federkraft; es iſt höchſt ſchwer-flüſſig, und für ſich allein unſchmelzbar, außer beym Zutritte der Luft oder zwiſchen Kohlen, wo es in der anhaltenden Weißglühehitze ſchmilzt, doch mit Veränderung ſeiner Eigenſchaften. Schon in geringerer Hitze wird das Eiſen beym Zutritte der Luft verkalkt. Es läuft erſt mit bunten Regenbogenfarben auf der Oberfläche an, verwandelt ſich dann in Glüheſpan oder Hammerſchlag, was der unvollkommene Kalk des Eiſens iſt, und dieſer wird zuletzt beym anhaltenden Glühen unter dem Zutritte der Luft zu einem röthlich-braunen vollkommenen

nen

nen Kalke, der auch ohne zu ſchmelzen durch Calciniren mit brennlichen Dingen wieder zum unvollkommenen Kalke herzuſtellen iſt; auch an der Luft verwandelt es ſich leicht in Roſt: endlich gehört es noch zu den charakteriſtiſchen Merkmalen des geſchmeidigen Eiſens, daß es ſich ſchweißen läßt. b) **Gußeißen, Roheiſen** (Ferrum crudum). Es läßt ſich weder kalt noch warm ſchmieden oder ſtrecken; wohl aber bey einer anhaltenden Weißglühehitze, die man auf 1600 Grad Fahrenh. ſchätzt, für ſich allein ſchmelzen; ſeine Farbe iſt mehr oder weniger lichtgrau, ſein Bruch nicht faſericht, ſondern mehr oder weniger feinkörnig; ſeine Härte und Sprödigkeit ausnehmend groß; es hat daher auch einen weit ſtärkern Klang, als geſchmeidiges Eiſen; es roſtet nicht ſo leicht, als dieſes, und ſetzt nicht ſo leicht Glüheſpan ab. Durch öfteres Glühen und Schmieden wird es in erſteres verwandelt. c) **Stahl** (Chalybs). Er iſt Eiſen, das, wenn es rothwarm glühet, nach dem plötzlichen Ablöſchen im kalten Waſſer, härter, ſpröder und unbiegſamer wird, vor dem Härten aber kalt und warm geſchmeidig iſt, und auch nach dem Härten durch neues Glühen ſeine Geſchmeidigkeit wieder erlangt. Er hat einen weißen lichtgrauen Glanz, einen feinkörnigen Bruch; und iſt einer ungemein großen Härte, aber auch auf der andern Seite wieder der Geſchmeidigkeit und Dehnbarkeit des geſchmeidigen Eiſens fähig. Er iſt für ſich allein ſchmelzbar, roſtet ſpäter als geſchmeidiges Eiſen, früher als Roheiſen, und ſetzt ſpäter Glüheſpan ab, als erſteres; er läuft mit lebhaftern Farben des

Regen-

Regenbogens beym Erwärmen an, als das geſchmeidige Eiſen. Der Unterſchied dieſer drey Eiſenſorten rührt daher, daß das **Roheiſen** noch nicht den vollkommen reguliniſchen Zuſtand hat, ſondern noch in einem geringen Grade der Oxidirung iſt, über dies aber noch Kohlenſtoff, oft bis zur Sättigung, aufgelöſ't enthält; daß der **Stahl** zwar völlig reguliniſch iſt, aber auch Kohlenſtoff aufgelöſ't enthält; das **geſchmeidige Eiſen** aber vollkommen reguliniſch iſt und keinen Kohlenſtoff aufgelöſ't hat. Allen drey Eiſenſorten iſt es eigenthümlich, nicht nur vom Magnete gezogen zu werden, d. h. retractoriſch zu ſeyn, ſondern auch ſelbſt zum Magnete, d. h. attractoriſch zu werden. — Das Eiſen iſt in allen Säuren auflöslich. Den vollkommenen Eiſenkalk löſen die Säuren in geringerer Menge auf; daher trüben ſich mehrere Eiſenſolutionen an der Luft, laſſen Eiſenocher fallen, und verändern ihre grüne Farbe in eine gelbe oder braune.

Es iſt vom Eiſen zu merken: 1) der Eiſenmohr (Aethiops martialis, *Oxide de fer noir*), oder der unvollkommene Kalk des Eiſens, wohin auch der Hammerſchlag oder Glühe-ſpan gehört; 2) der vollkommene Eiſenkalk (Crocus martis, *Oxide de fer jaune*), wie z. B. der ausgeglühete Eiſenroſt; 3) der grüne Eiſenvitriol oder das ſchwefelſaure Eiſen (Vitriolum martis); 4) das Berlinerblau (Caeruleum berolinenſe), oder das blauſaure Eiſen.

§. 1120. 8) **Zinn** (Stannum, Iupiter). Es hat eine glänzend-weiße Farbe, die etwas bläulicher iſt, als die vom Silber; es iſt ſehr weich, ziemlich dehnbar, wenig zähe, und von einer ſehr geringen Federkraft. Es hat daher auch wenig Klang. Es macht, wenn man es biegt oder zwiſchen den Zähnen drückt,

drückt, ein beſonderes Geräuſch; und hat, wenn es gerieben oder erhitzt wird, einen eigenthümlichen, etwas widrigen Geruch. Es ſchmilzt vor dem Glühen, bey 420 Gr. Fahrenh., und verwandelt ſich dann beym Zugange der Luft in ein graues Pulver, das unvollkommener Zinnkalk iſt, der beym anhaltenden Glühen endlich weißlich wird. Dieſer vollkommene Zinnkalk iſt höchſt ſtreng=flüſſig, und giebt auch mit verglaſungsfähigen Subſtanzen kein durchſichtiges, ſondern ein matt=weißes opakes Glas, und macht die Baſis des weißen Emails aus. Wenn das fließende Zinn unter dem Zutritte der Luft bis zum Glühen ſchnell erhitzt wird, ſo brennt es endlich mit einer kleinen hellweißen Flamme, und giebt einen weißen Dampf. An der Luft verliert das Zinn ſeinen reguliniſchen Glanz erſt ſpät, und wird auch nicht mit einem eigentlichen Roſte überzogen. Alle Säuren greifen das Zinn an; die Auflöſungen ſind, wenigſtens bey einiger Verdünnung, ungefärbt.

Wir merken: 1) die Zinnaſche (Cinis ſtanni, *Oxide d' étain*), oder den vollkommenen Zinnkalk. 2) Libavs rauchenden Spiritus und die Zinnbutter (Liquor fumans Libavii; Butyrum ſtanni), eigentlich die concentrirte Verbindung der ſalzigten Säure mit dem vollkommenen Zinnkalke. 3) Die Compoſition der Färber, oder die Auflöſung des Zinns in Königswaſſer.

§. 1121. 9) **Zink** (Zincum). Ein weißes Metall, das zwiſchen dem Spröden und Dehnbaren das Mittel hält, oder halbgeſchmeidig iſt, und auf dem Bruche eine kryſtalliniſche Fügung nicht undeutlich zeigt. Es ſchmilzt kurz vor dem Glühen, und brennt endlich beym Glühen unter dem Zutritte der Luft mit

einer außerordentlich hellen und blendenden Flamme, aus der ſich ein ſehr lockerer und ungemein weißer Kalk erhebt, der im Feuer ſehr beſtändig iſt. An der Luft leidet das Zink nur wenig Veränderung; es verliert ſeinen metalliſchen Glanz nur langſam, ohne eigentlich zu roſten. Beym Ausſchluſſe der Luft iſt es in der Glühehitze flüchtig und läßt ſich unverändert auftreiben. Es löſ't ſich in allen Säuren auf und giebt damit ungefärbte Auflöſungen.

Von ſeinen Producten nenne ich nur 1) die Zinkblumen (Flores zinci), oder den vollkommenen Kalk des Zinks, und 2) den weißen Zinkvitriol (Vitriolum zinci) oder das ſchwefelſaure Zink.

§. 1122. 10) **Wismuth** (Bismuthum). Ein röthlich-weißes ſehr ſprödes Metall, das ein blätterichtes Gefüge hat, ziemlich hart iſt, noch vor dem Glühen bey 460 Gr. Fahrenh. ſchmilzt, beym Glühen unter dem Zutritte der Luft dampft und brennt, und ſich beym Ausſchluſſe der Luft in der Hitze unzerſetzt in die Höhe treiben läßt. Beym Schmelzen vor dem Glühen verwandelt es ſich unter dem Zutritte der Luft leicht in einen gelb-bräunlichen Kalk, der beym Schmelzen in ein gelbes durchſichtiges Glas übergeht. Das wirkſamſte Auflöſungsmittel für daſſelbe iſt die Salpeterſäure. Die Auflöſungen deſſelben ſind ungefärbt, und die Niederſchläge daraus weiß.

Ich merke bloß den Wismuthkalk, das Schminkweiß (Calx bismuthi, *Oxide de bismuth blanc*), oder den Niederſchlag deſſelben aus der Auflöſung in Salpeterſäure durch bloßes Waſſer.

§. 1123. 11) **Nickel** (Niccolum). Es hat eine lichtgrau-weiße Farbe; iſt etwas ſtreckbar und ſehr

ſehr feſt; iſt ſehr ſtreng-flüſſig und ſchmilzt erſt bey einer Hitze, wobey Eiſen fließt; es iſt ſehr feuerbeſtändig, und verwandelt ſich ſchwer in einen ſchönen hellgrünen Kalk, der mit dem Boraxe zu einem hyacinthfarbenen Glaſe ſchmilzt. Die Auflöſungen des Nickelmetalls in Säuren ſehen grün aus, wie die des Kupfers, und das Ammoniak liefert mit dem Nickelkalke auch eine blaue Auflöſung.

§. 1124. 12) **Arſenik, Arſenikmetall** (Arſenicum). Ein ſehr ſprödes Metall, von einer weißen Farbe auf dem friſchen Bruche, und von einer beträchtlichen Härte. An der Luft verliert es ſehr bald ſeinen metalliſchen Glanz und wird unſcheinbar und ſchwarz. Im Feuer iſt es flüchtig und läßt ſich beym Ausſchluſſe der Luft unverändert in die Höhe treiben. Unter dem Zutritte der Luft verkalkt es ſich leicht und entzündet ſich mit einer weißlich-bläulichen Flamme, die einen ſehr weißen dicken Rauch von einem eigenen knoblauchsartigen Geruche verbreitet, der ſich als ein weißlicher Kalk anſetzt und ſelbſt noch flüchtig iſt (weißer Arſenik). Schon dieſer unvollkommene Arſenikkalk zeigt eine ſalzigte ſäuerliche Natur und wird zu einer völligen **Säure**, der **Arſenikſäure** (Acidum arſenicicum), wenn er durch Hülfe der Salpeterſäure ganz mit Sauerſtoff geſättigt worden iſt. Die Verbindungen des Arſenikmetalles mit Säuren ſind ungefärbt.

Von den Producten des Arſeniks ſind hier anzuführen: 1) Weißer Arſenik (Arſenicum album, *Oxide d' arſenic blanc*), der unvollkommene, oder noch phlogiſtiſirte Kalk des Arſenikmetalles, der durch eine Sublimation gewonnen wird;

2)

2) Arſenikſäure (Acidum arſenicicum, *Acide arſenique*), der vollkommene Kalk des Arſenikmetalles.

§. 1125. 13) **Kobalt** (Cobaltum). Seine Farbe iſt grau-weiß; es iſt ſpröde und zerfällt unter dem Hammer; doch zeigt es im Zuſtande der größeſten Reinigkeit Ducilität. Es iſt ſehr ſtreng-flüſſig, und braucht zum Schmelzen eine Hitze, wobey Kupfer fließt; nach dem langſamen Erkalten zeigt es auf ſeiner Oberfläche eine netzförmige Bildung. Es iſt feuerbeſtändig. Es verliert ſeinen reguliniſchen Zuſtand ſchon vor dem Schmelzen durch anhaltendes Glühen und Röſten, wie das Eiſen, beym Zugange der Luft. Der Kalk des Kobaltmetalles iſt ſchwärzlich; beygemiſchter Arſenik macht ihn röthlich oder braun. Dieſer Kalk iſt für ſich ſehr ſchwer zu ſchmelzen, durch das Schmelzen aber geht er in ein Glas über, das ſo dunkelblau iſt, daß man es ſchwarz nennen könnte; mit anderm Glaſe verdünnt, wird es aber ſchön-blau. Die Auflöſungen des Kobalts in Säuren ſehen röthlich aus. Das Kobaltmetall zeigt Magnetismus.

Ich nenne von den Producten dieſes Metalles: 1) die Zaffer oder den Saflor, der geröſtete Kobaltkalk, der mit zart gepulvertem Sande oder Kieſel vermengt iſt; 2) die Smalte oder blaue Stärke, das durch Kobaltkalk blau tingirte und fein gemahlene Glas; 3) der **Kobaltvitriol** (Vitriolum cobalti) oder das ſchwefelſaure Kobalt in ſchönen rothen Kryſtallen; 4) **Hellots** ſympathetiſche Tinte, die man ſo verfertigt, daß man einen Theil Kobaltmetall, oder auch den geröſteten Kalk davon in drey Theilen Scheidewaſſer durch Digeſtion auflöſ't, die Auflöſung mit 24 Theilen Waſſer verdünnt, durchſeihet, einen Theil Kochſalz zuſetzt, und nach dem Auflöſen wieder durchſeihet. Die Schriftzüge damit verſchwinden in der mäßigen Temperatur und in der Kälte auf dem Papiere; kommen aber beym Erwärmen des Papiers ſchön-grün wieder zum Vorſcheine, verſchwinden wieder beym Erkalten, und ſo fort. Das Weſentliche der Tinte iſt ſalzigtſaures Kobalt. 5) Ilſemanns

mannes blaue ſympathetiſche Tinte. Man kocht einen Theil reinen Kobaltkalk in 16 Theilen deſtillirten Weineſſigs in einem Glaskolben im Sandbade, bis etwa vier Theile Eſſig übrig bleiben; ſeihet die Auflöſung durch, die roſenroth ausſehen muß; dann läßt man ſie noch um die Hälfte ver⸗dampfen, ſetzt den vierten Theil des angewandten Kobalts an Küchenſalz zu, und läßt es zuſammen in der Wärme auflöſen. Die damit gemachten Schriftzüge verſchwinden in der Kälte, kommen aber in der Wärme ſchön⸗blau zum Vorſcheine, und verſchwinden wieder in der Kälte.

§. 1126. 14) Spießglanz (Stibium, Regulus antimonii). Es hat eine weiße Farbe, iſt mäßig hart, und ſo ſpröde, daß es ſich leicht pulvern läßt. Es hat ein grobſtrahlichtes Gefüge, und nimmt nach dem Schmelzen und ruhigen Erkalten auf der Ober⸗fläche eine ſternförmige Bildung an. An der Luft ver⸗liert es nur wenig von ſeinem Glanze und roſtet nicht eigentlich. Es beſitzt weder Geruch noch Geſchmack. Es ſchmilzt bey dem Glühen in einer Hitze, die man auf 810 Gr. Fahrenh. ſchätzt. In der Weißglü⸗hehitze läßt es ſich in verſchloſſenen Gefäßen in die Höhe treiben; beym Zutritte der Luft hingegen verwan⸗delt es ſich in einen weißen Rauch, der ſich in Geſtalt weißer glänzender Nadeln anlegt, die einen unvoll⸗kommenen Kalk des Spießglanzmetalles vorſtellen und daher auch noch flüchtig ſind. Der vollkommene Kalk, der auch weiß ausſieht, iſt feuerbeſtändig, und höchſt ſtreng⸗flüſſig. Die Auflöſungen des Spießglanzme⸗talles in Säuren ſind ungefärbt.

Von den zahlreichen Zubereitungen des Spießglanzmetalles merke ich nur: 1) das Glas vom Spießglanze (Vitrum antimonii), den geſchmolzenen und mit etwas Schwefel verbundenen unvollkommenen Spießglanzkalk; 2) das ſchweißtreibende Spießglanz (Antimonium diaphoreticum), oder den vollkommenen Kalk des Spießglanzme⸗talles; 3) die Spießglanzbutter (Butyrum antimonii), oder die concentrirte Verbindung des Spießglanzkalkes mit ſalzigter Säure; 4) den Brechweinſtein (Tartarus eme-

emeticus), die Verbindung des Weinſteines mit unvollkommenem Spießglanzkalke.

§. 1127. 15) **Magneſium, Braunſteinmetall** (Magneſium). Es iſt weiß von Farbe, hart und ſpröde, von einem körnigen Bruche, ſehr ſtreng⸗flüſſig und ſchmilzt ſpäter, als Roheiſen. Auch ohne zu ſchmelzen wird es im Feuer leicht verkalkt und in ein ſchwarzes Pulver verwandelt; dies geſchieht auch in der Luft. Dieſer Kalk iſt äußerſt feuerbeſtändig. Die Auflöſungen des reinen Magneſiums in Säuren ſind farbenlos.

Ich zeige von dem Magneſium an: 1) den rohen Braunſtein, (Magneſia nigra), der der natürliche und vollkommene Kalk des Braunſteinmetalles iſt, und eine beträchtliche Menge Sauerſtoff enthält, den er zum Theil beym Glühen als Lebensluft fahren läßt; weswegen man ihn auch zur Bereitung der letztern vorzüglich anwendet. 2) Das mineraliſche Chamäleon. Man nimmt dazu drey Theile Salpeter und einen Theil Braunſtein, reibt beyde ſehr fein zuſammen, und erhält das Gemenge in einem Tiegel ſo lange glühend, bis die Maſſe nicht mehr ſchmilzt, ſondern ein trockenes erdichtes Anſehen erhält; worauf man ſie in einem gut verſtopften Glaſe aufbewahren muß. Wenn man etwas von dem Pulver in ein Glas mit Brunnenwaſſer wirft, ſo wird das Waſſer grün, dann violett, hierauf röthlich, und zuletzt entfärbt es ſich ganz, und der Braunſtein fällt in ſeiner natürlichen Farbe zu Boden.

§. 1128. 16) **Molybdänmetall** (Molybdaenum). Es iſt in dem **Waſſerbleye** (Molybdaena) mit etwas Schwefel vereinigt. Sein Kalk zeigt eine ſaure Natur und bildet eine eigenthümliche Säure, die **Molybdänſäure** (Acidum molybdaenicum, *Ac. molybdique*).

Von den Producten aus Molybdänmetall erwähne ich bloß des blauen Carmins. (J. B. Richter über die neuern Gegenſtände der Chemie. St. II. Bresl. und Hirſchberg 1792. 8. S. 97.)

§. 1129. 17) **Wolframmetall** (Wolframium) iſt die metalliſche Subſtanz, die einen Beſtandtheil des **Tungſteins** oder **Schwerſteins** und des **Wolframs** ausmacht. Der vollkommene Kalk dieſes Metalles iſt gelb von Farbe, und hat Eigenſchaften einer Säure, die als eine eigenthümliche Säure oben (§. 864.) unter dem Namen der **Wolframſäure** erwähnt worden. Die Reduction des reinen Kalkes zu einem maſſiven Regulus iſt bis jetzt noch zweifelhaft, obgleich andere Eigenſchaften deſſelben ſeine metalliſche Natur außer Zweifel ſetzen.

§. 1130. 18) **Uranium.** Dieſes Metall iſt erſt von Hrn. **Klaproth** endeckt worden, und ſein Kalk macht einen Beſtandtheil in der ſo genannten **Pechblende** und dem **grünen Glimmer.** Dieſer Kalk hat eine gelbe Farbe und liefert mit der Salpeterſäure zeiſiggrüne Kryſtalle.

Chemiſche Unterſuchung des Uranits, einer neu entdeckten metalliſchen Subſtanz, vom Hrn. Prof. Klaproth; in Crells chem. Annalen. 1789. B. II. S. 387. ff. J. B. Richter über die neuern Gegenſtände der Chemie, vorzüglich das neu entdeckte Halbmetall Uranium. Bresl. und Hirſchberg. 1791. S. 1. ff.

§. 1131. 19) **Titanium**, die neueſte metalliſche Subſtanz, die Hr. **Klaproth** in dem ſo genannten **rothen Schörl** entdeckt hat.

Mart. Heinr. Klaproths Unterſuchung des hungariſchen rothen Schörls; in ſeinen *Beiträgen zur chemiſchen Kenntniſs der Mineralkörper*. B. I. Poſen und Berlin. 1795. 8. S. 233. ff.

Zuſam=

Zuſammengeſetzte Subſtanzen organiſcher Körper.

§. 1132. Die organiſchen Körper beſtehen aus einer nur geringen Anzahl von Grundſtoffen; und die große Verſchiedenheit, die wir in den ſo mannigfaltigen Producten derſelben in Anſehung ihrer ſinnlichen Eigenſchaften antreffen, rührt nicht immer von dem Unterſchiede in der Qualität, als vielmehr von dem verſchiedenen quantitativen Verhältniſſe in der Verbindung der Grundſtoffe her.

§. 1133. So weit die chemiſche Zergliederung der Körper der Pflanzen und Thiere jetzt reicht, hat man folgende einfachere Grundſtoffe in ihnen angetroffen. Außer dem **Brennſtoffe**, der in allen und jedem dieſer Körper und ihrer Producte zugegen iſt: **Kohlenſtoff**, **Waſſerſtoff**, **Stickſtoff**, **Phosphor**, **Sauerſtoff**; dann auch **Schwefel**, **feuerbeſtändige Alkalien**, **Kalkerde** und **Eiſen**.

§. 1134. Aus dieſen Grundſtoffen ſind die eigenthümlichen Zuſammenſetzungen gebildet, die man als **nähere** oder **unmittelbare Beſtandtheile** der organiſchen Körper anſehen kann, und durch deren Aggregation der Bau der letztern aufgeführt iſt. Dieſe Zuſammenſetzungen ſind bloß das Werk **lebender** Organe, und die Kunſt vermag ſie zwar in ihre Grundſtoffe zu zerlegen, kann ſie aber nicht hervorbringen.

Beſtandtheile der Körper des Pflanzenreichs.

§. 1135. Die Körper des Gewächsreiches zeigen folgende weſentliche, nähere Beſtandtheile (§. 1134.): 1) Schleim; 2) Zucker; 3) Stärke; 4) Kleber; 5) Eyweißſtoff; 6) Weinſtein; 7) Weinſteinſäure; 8) Sauerkleeſalz; 9) Sauerkleeſäure; 10) Citronenſäure; 11) Aepfelſäure; 12) Benzoeſäure; 13) Gallusſäure; 14) Harz; 15) Gummiharz; 16) Federharz; 17) fettes Oehl; 18) Aetheriſches Oehl; 19) Kampher; 20) ſcharfer Stoff; 21) narkotiſcher Stoff; 22) fadiges Gewebe.

§. 1136. Wenn friſche Pflanzen einer Hitze ausgeſetzt werden, die nicht über den Siedepunct des Waſſers geht, ſo werden ſie ausgetrocknet oder gedörrt. Sie entlaſſen hierbey ihr weſentliches Waſſer, das ohne Zweifel als ſolches einen Beſtandtheil in ihnen vorher ausmachte; aber ſie können auch andere weſentliche oder nähere Beſtandtheile in dieſer Temperatur verlieren und dadurch beträchtliche Aenderungen ihrer Kräfte und Eigenſchaften erleiden, wie z. B. das ätheriſche Oehl den ſcharfen und den narkotiſchen Grundſtoff.

§. 1137. In einer Hitze, die den Siedepunct des Waſſers überſteigt, erfahren die vegetabiliſchen Körper eine noch weit merklichere Veränderung. Sie werden geröſtet; ihre Miſchung wird augenſcheinlich verändert, und ihre Grundſtoffe treten durch Einfluß

des

des Wärmeſtoffes in andere Verhältniſſe und zu neuen Producten zuſammen, wie ſchon daraus abzunehmen iſt, daß ſie durch dieſes Röſten ſämmtlich einen eignen Geruch und Geſchmack erhalten, den man den **brenzlichen** (Empyreuma) nennt, und der vorher nicht wahrzunehmen war.

§. 1138. Bey einer ſtärkern Hitze und dem gehörigen Zutritte der Luft entzünden ſich endlich die vegetabiliſchen Körper, **brennen** ſämmtlich mit **Flamme**, und laſſen nach dem völligen **Einäſchern** einen feuerbeſtändigen Reſt, der gegen das Ganze immer nur ſehr wenig beträgt.

§. 1139. Der Ruß (Fuligo), der ſich aus der Flamme der brennenden Vegetabilien anſetzt, iſt Kohlenſtoff, der wegen des nicht vollſtändigen Zutritts der Luft zum Innern der Flamme nicht verbrennen konnte, und theils mit dem Rauche mechaniſch fortgeriſſen, theils daraus niedergeſchlagen wurde. Es können ihm freylich mehr oder weniger fremdartige Theile anhängen, und er kann deshalb von verſchiedener Beſchaffenheit ſeyn.

Glanzruß. Flatterruß. Oehlruß. Kienruß.

§. 1140. Alle dieſe Theile, welche bey dem Röſten und Verbrennen der vegetabiliſchen Körper ſich zerſtreuen, kann man auffangen und ſolcher Geſtalt näher unterſuchen, wenn man die Erhitzung derſelben bis zu eben dem Grade in einer Retorte vornimmt, die mit dem nöthigen Apparate verbunden iſt. Man nehme z. B. Späne von Büchenholz, fülle damit eine beſchlagene irdene Retorte bis zu zwey Drittel an,

kütte

kütte eine gläſerne gekrümmte Röhre mit einer oder mehrern Mittelflaſchen luftdicht an ihren Hals, und laſſe die Mündung der letztern Leitungsröhre unter den Trichter der mit heißem Waſſer oder mit Queckſilber gefüllten pneumatiſchen Wanne treten. Man gebe gelindes Feuer, und verſtärke es allmählig bis zuletzt zum Glühen der Retorte. Anfangs entweicht die atmoſphäriſche Luft der Geräthſchaft; dann gehen eigene Gasarten und Nebel über; die erſtern treten unter die Recipienten der Wanne, die letztern verdichten ſich durch Abkühlung in den Mittelflaſchen.

§. 1141. Man erhält hierbey eine außerordentlich große Menge von Gas. Ein großer Theil deſſelben iſt **kohlenſaures Gas**, und läßt ſich durch Kalkwaſſer, Kalkmilch, oder ätzende Lauge ſcheiden. Das zurückbleibende Gas iſt entzündbar, hat einen unangenehmen, brenzlichen Geruch, und beſitzt Eigenſchaften des Waſſerſtoffgas; unterſcheidet ſich aber von dem reinen Waſſerſtoffgas durch ein größeres eigenthümliches Gewicht, durch eine conſiſtentere Flamme, mit der es brennt, und dadurch, daß es, bey ſeinem Abbrennen mit Lebensluft in verſchloſſenen Gefäßen, nicht nur Waſſer, ſondern auch Kohlenſäure liefert, auch nachdem es aufs ſorgfältigſte von allem anhängenden kohlenſauren Gas vorher befreyet worden iſt. Es conſtituirt alſo eine eigene Gasart, die man **kohlenſtoffhaltiges Waſſerſtoffgas** (Gas hydrogenium carboneatum, *Gaz hydrogène carboné*) *) nennt.

*) Synonyma: Schweres brennbares Gas.

§. 1142.

§. 1142. Die Erſcheinungen dieſes Gas zeigen alſo, daß Waſſerſtoff und Kohlenſtoff zuſammen ſeine Baſis ausmachen, und folglich Beſtandtheile des Holzes geweſen ſeyn müſſen, woraus man es erhält. Das kohlenſaure Gas, das man zugleich mit gewinnt, ſetzt voraus, daß außer dem Kohlenſtoffe auch noch Sauerſtoff darin zugegen ſeyn müſſe. Uebrigens aber iſt die Kohlenſäure nicht präexiſtirend als ſolche im Holze zugegen geweſen, ſondern es waren ihre Grundſtoffe vorher in andern Verhältniſſen und mit den andern Beſtandtheilen zu andern Zuſammenſetzungen vereinigt. Erſt bey der Erhitzung bis zu einem gewiſſen Grade tritt ein Antheil Kohlenſtoff mit einem Antheile Sauerſtoff zur Kohlenſäure zuſammen und bildet mit dem Wärmeſtoffe kohlenſaures Gas, zugleich aber vereinigt ſich ein Antheil Brennſtoff und Waſſerſtoff des Holzes in Verbindung mit etwas Kohlenſtoff mit dem Wärmeſtoffe und tritt als kohlenſtoffhaltiges Waſſerſtoffgas aus. Dieſes entzündbare Gas iſt es, welches beym Erhitzen des Holzes im Freyen die Flamme bildet, womit das Holz verbrennt.

§. 1143. Die übrigen flüchtigen Theile, die außer den Gasarten bey der trockenen Deſtillation des Holzes (§. 1140.) ausgetrieben werden, verdichten ſich in den Mittelflaſchen durch Abkühlung zu tropfbaren Flüſſigkeiten. Sie bilden theils eine wäſſerige Flüſſigkeit, die gelbroth von Farbe, brenzlich von Geruch, und offenbar ſauer iſt, und die man ſonſt einen **Spiritus** nannte; theils ein **Oehl**, von einem ſtarken brenzlichen Geruche und einem ſcharfen

Ge=

Geſchmacke, welches auf der wäſſerigen ſauern Flüſſigkeit ſchwimmt, anfangs dünner und heller iſt, zuletzt aber bey zunehmender Hitze dunkler von Farbe, dicker von Conſiſtenz, und zäher und pechartiger wird. Die erhaltene ſaure Flüſſigkeit iſt bey ihrer gehörigen Reinigung nicht von der Eſſigſäure verſchieden. Sie hat eine zuſammengeſetzte Grundlage aus Kohlenſtoff und Waſſerſtoff; ſie präexiſtirte vorher, als ſolche, nicht im Holze, ſondern ihre Beſtandtheile waren in andern Verhältniſſen unter einander verbunden, und ſelbſt ihr wäſſeriger Antheil iſt erſt ein Product des Feuers, aus dem Waſſerſtoffe und Sauerſtoffe des Holzes neu erzeugt. Auch das brenzligte Oehl (Oleum empyreumaticum) iſt ein Product, und kein Educt, und präexiſtirte vorher nicht als ſolches im Holze. Bey ſeinem Verbrennen mit Lebensluft bildet ſich Waſſer und Kohlenſäure, und ſeine Beſtandtheile ſind auch Brennſtoff, Waſſerſtoff, Kohlenſtoff und etwas Sauerſtoff. Das Verhältniß des Kohlenſtoffes darin iſt deſto größer, je ſpäter es überdeſtillirt und je größer die Hitze dabey iſt.

§. 1144. Einige Pflanzen geben bey der trockenen Deſtillation keine ſaure Flüſſigkeit, wie das Holz, ſondern vielmehr Ammoniak. Dieſes Ammoniak konnte nicht vorher, als ſolches, in den Pflanzen gegenwärtig ſeyn, wo es ſich auch durch nichts darin darthun läßt; ſondern es wird ebenfalls erſt aus ſeinen Beſtandtheilen in ſtärkerer Hitze zuſammengeſetzt, und zeigt, daß auch der Stickſtoff in die Miſchung

ſehr vieler Pflanzen und ihrer nähern Beſtandtheile eingeht.

§. 1145. Der Rückſtand nach der Deſtillation des Holzes (§. 1140.) iſt nun die **Kohle.** Sie iſt nur der Antheil des Kohlenſtoffes des Holzes, der nicht mehr Sauerſtoff genug antraf, um als Kohlenſäure auszutreten, noch Waſſerſtoff, um als kohlenſtoffhaltiges Waſſerſtoffgas, oder beydes zuſammen, um als empyreumatiſche Säure oder als empyreumatiſches Oehl überzugehen. Sie würde reiner Kohlenſtoff ſeyn, wenn nicht in dem Holze noch andere fremdartige, feuerbeſtändige, ſalzige und erdige Theile wären, die damit innigſt vermengt zurückbleiben.

§. 1146. Bey dem Verbrennen des Holzes ſo wohl, als aller vegetabiliſchen Körper, unter dem vollkommenen Zutritte der freyen Luft, wird der Antheil Kohlenſtoff, der bey trockener Deſtillation zurückbleibt, durch Aufnahme des Sauerſtoffes zur Kohlenſäure, die als Gas entweicht, und es bleibt dann bloß die **Aſche** (Cinis) zurück, ein zur Unterhaltung des Feuers nicht weiter geſchicktes Pulver, das die feuerbeſtändigen Theile des Körpers ohne weitern Zuſammenhang in ſich enthält. Außer den erdigen Theilen enthält die Aſche der Gewächſe noch ſalzige Theile, die ſich durch Auslaugen mit Waſſer von jenen trennen laſſen. Die meiſten Pflanzen liefern ſo aus ihrer Aſche durch Auslaugen, und durch Eindicken und Abrauchen der Lauge bis zur Trockniß, **Gewächsalkali** (§. 879.), das eben daher den Namen erhalten

hat.

hat. Es iſt immer mit etwas Kohlenſäure verbunden, die wohl von der Zerſetzung der Kohle beym Verbrennen an das Alkali getreten iſt; ſonſt enthält es aber auch noch verſchiedene andere Salze, die es verunreinigen, wie z. B. ſchwefelſaures Gewächsalkali. Die ſo genannte Pottaſche (Cineres clavellati) iſt ein ſolches, wiewohl unreines, Gewächsalkali, aus der Aſche der Holzarten gewonnen. Die Aſche verſchiedener am geſalznen Meerufer wachſenden Kräuter unterſcheidet ſich von andern dadurch, daß ſie mineraliſches Alkali enthält. Dergleichen Aſche iſt die Soda (§. 881.).

§. 1147. Die nach dem Auslaugen der Aſche der Pflanzen zurück bleibenden erdigen Theile ſind nach Beſchaffenheit des Bodens, worauf die Pflanze wuchs, verſchieden, und mehrentheils Kalk-, Thon- und Kieſelerde; manchmal auch phosphorſaure Kalkerde. Oft enthält dieſe Pflanzenerde auch Eiſenkalk.

§. 1148. Noch ſind hier die Unterſchiede der einzelnen nähern Beſtandtheile der Körper des Pflanzenreichs (§. 1135.) und ihre Grundſtoffe anzuzeigen.

§. 1149. 1) Der Schleim (Mucillago), das Gummi, löſ't ſich im kalten und heißen Waſſer, aber nicht im Alcohol und in ätheriſchen Oehlen auf; er ertheilt dem Waſſer Viſcoſität, ohne erheblichen Geſchmack; iſt im reinen Zuſtande, nach dem Austrocknen durchſichtig, geruchlos, in der Wärme nicht zergehend, ſpröde und zerreiblich. Er iſt ein vorzüg-

licher

licher Beſtandtheil aller und jeder Pflanzen und ihrer Theile; nur läßt er ſich nicht aus allen, wegen der zu gleicher Zeit darin befindlichen und auch in dem Waſſer auflösbaren, andern Beſtandtheile, gleich rein darſtellen. Aus einigen Gewächſen quillt dieſer Schleim auch von ſelbſt aus, wie das **arabiſche Gummi**, das **Kirſchgummi** beweiſet.

§. 1150. Die Grundſtoffe des Gummi oder Schleimes ſind: Brennſtoff, Kohlenſtoff, Waſſerſtoff und Sauerſtoff.

§. 1151. 2) Das **Harz** (Reſina) iſt im Alcohol und ätheriſchen Oehle, aber nicht im Waſſer auflösbar, zergeht in der Wärme und wird flüſſig, läßt ſich an der Flamme leicht entzünden, brennt mit einer rußigen Flamme, und hinterläßt eine Kohle nach dem Abbrennen. Verſchiedene Gewächſe laſſen das Harz entweder durch gemachte Einſchnitte, oder auch, zumal im Alter, von ſelbſt hervorquellen. Gewöhnlich ſind dieſe natürlichen Harze mit ätheriſchem Oehle verbunden und dadurch verdünnt; ſie haben davon Geruch und flüſſige Conſiſtenz, und heißen **natürliche Balſame**. Erſt nach dem völligen Verdunſten des Oehls bleibt das reine Harz zurück.

§. 1152. Auch das Harz beſteht aus Brennſtoff, Kohlenſtoff, Waſſerſtoff und Sauerſtoff.

§. 1153. 3) Das **Gummiharz** (Gummi reſina) iſt nicht als ein Gemenge aus Gummi und Harz, ſondern als ein eigenthümliches Gemiſch anzuſehen, das

das ſich weder ganz im Waſſer noch in Alcohol klar auflöſen läßt. Es bildet in den Pflanzen häufig einen milchichten Saft, der durchs Austrocknen feſt wird, iſt in der Wärme zähe, läßt ſich aber nicht wie ein Harz ſchmelzen. Seine Grundſtoffe ſind: Brennſtoff, Kohlenſtoff, Waſſerſtoff und Sauerſtoff.

§. 1154. Eine Materie eigener Art macht 4) das **Federharz** (Gummi elaſticnm, Caoutchouc) aus. Es löſ't ſich weder im Waſſer noch im Weingeiſte auf, wohl aber durch Hülfe der Wärme in fetten und ätheriſchen Oehlen, und auch im Aether. In der Hitze läßt es ſich, wie die Harze, erweichen, und fließt endlich zu einer ſchwärzlichen Maſſe, nimmt aber nach dem Erkalten die Federkraft nicht wieder an. Es brennt auch in der Flamme eines Lichts. Es beſteht aus Brennſtoff, Kohlenſtoff, Waſſerſtoff, Stickſtoff und Sauerſtoff.

§. 1155. Die Saamen der Getreidearten geben durchs Zermalmen und Durchbeuteln das bekannte **Mehl**, das ſich auch aus einigen andern Theilen der Pflanzen, wie aus einigen Wurzeln und Früchten, obwohl nicht in gleicher Reinigkeit, darſtellen läßt. Wenn man Mehl, vorzüglich Weitzenmehl, mit kaltem Waſſer erſt zu einem feſten Breye knetet, und dieſen zwiſchen den Händen durch darauf fließendes kaltes Waſſer ſo lange wäſcht, bis das Spülwaſſer nicht mehr milchicht und trübe, ſondern klar und helle abfließt; ſo bleibt eine graue, zähe, contractile, glänzende, weiche Maſſe übrig, die ſich im Waſſer, im

Weingeiſte und in Oehlen nicht auflöſen läßt, in der Wärme zu einer halbdurchſichtigen, hornartigen Materie austrocknet, am Feuer unter einem hornartigen Geruche verbrennt, und mit Waſſer angefeuchtet in Fäulniß übergeht. Concentrirte Säuren und ätzende Alkalien löſen ſie auf; doch letztere nur in der Hitze. Dieſe Materie heißt 5) der **Kleber** (Colla, Gluten). Im Weitzenmehle iſt dieſer Kleber am häufigſten; und andere Mehlarten ſind deſto weniger nährend, je geringer das Verhältniß deſſelben darin zu den übrigen Beſtandtheilen iſt.

§. 1156. Der Kleber iſt zuſammengeſetzt aus Brennſtoff, Kohlenſtoff, Waſſerſtoff, Phosphor, Stickſtoff und Sauerſtoff.

§. 1157. Der andere und vorwaltende Grundtheil des Mehls iſt 6) die **Stärke** (Amylum). Sie ſondert ſich aus dem zur Darſtellung des Klebers (§. 1155.) gebrauchten Spülwaſſer durch die Ruhe, als ein weißer lockerer Bodenſatz, ab, der nach dem Trockenen unſchmackhaft und geruchlos iſt, ſich im kalten Waſſer, im Weingeiſte und in Oehlen nicht auflöſ't, wohl aber im heißen Waſſer. Sie iſt kein Schleim, ob ſie ſich gleich demſelben in der Miſchung nähert. Sie läßt ſich auch aus mehrern friſchen Wurzeln und mehligen Früchten durch Zerreiben derſelben mit kaltem Waſſer ſcheiden. — Die Beſtandtheile der Stärke ſind: Brennſtoff, Waſſerſtoff, Kohlenſtoff und Sauerſtoff.

§. 1158. Aus dem friſch ausgepreßten klaren Safte verſchiedener Gewächſe, z. B. der Kreſſe, des Weißkohls, läßt ſich durch Kochen 7) eine Materie ſcheiden, die ſich als Schaum oder auch in Flocken abſondert, und die alle Aehnlichkeit mit dem in der Folge anzuführenden **Eyweißſtoffe** (Materia albuminoſa) des Thierreichs beſitzt.

§. 1159. 8) Der **Zucker** (Saccharum) macht ein eigenes, weſentliches Salz der Pflanzen aus. Unſer gewöhnlicher Zucker wird aus dem Safte des Zuckerrohrs durchs Abrauchen erhalten, und ſtellt nach der völligen Reinigung von andern Theilen ein feſtes, weißes Salz dar, von einem ſüßen Geſchmacke, das ſich im Waſſer leicht, und auch im Weingeiſte aufløſ't, und ſich auch in regelmäßiger Geſtalt kryſtalliſiren läßt, wie der Candiszucker beweiſet. Er macht die Lackmustinctur nicht roth, das Curcumapapier nicht braun. Auf glühenden Kohlen verbrannt, ſtößt er einen ſtechend-ſäuerlichen Dampf aus, verpufft mit Salpeter, und geht nach der Verdünnung mit Waſſer in die weinichte und endlich in die Eſſiggährung über. Der Zucker iſt in dem Pflanzenreiche ziemlich häufig verbreitet, und ein und derſelbe Beſtandtheil in allen ſüß ſchmeckenden Früchten und Pflanzen; nur läßt er ſich freylich wegen der übrigen ſchleimigen und auszugartigen Theile nicht aus allen gleich rein, und noch weniger vortheilhaft darſtellen. Der Zucker beſteht aus Brennſtoff, Waſſerſtoff, Kohlenſtoff und Sauerſtoff.

§. 1160. 9) Die **Weinſteinſäure** (Acidum tartaricum) iſt ein Beſtandtheil des 10) **Weinſteins** (Tartarus), eines weſentlichen Pflanzenſalzes, das ſich aus dem Moſte, zumal aus herbem, bey der Weingährung ſcheidet; und worin ſie mit dem Gewächsalkali verbunden, aber noch nicht geſättigt iſt, ſo daß auch der Weinſtein deswegen als ein ſäuerliches Salz erſcheint. Sonſt iſt ſie aber auch noch in einigen ſauern Früchten, wie z. B. in den Tamarinden, in den Beeren des Gerberbaums, enthalten. Die reine Weinſteinſäure ſchießt in blätterförmigen Kryſtallen an, die an der Luft beſtändig ſind, in der Hitze zerſetzt werden und im Feuer verbrennen. Die Weinſteinſäure beſteht aus denſelbigen Beſtandtheilen, als der Zucker; aber der Sauerſtoff iſt darin in einem größern, und die übrigen Grundſtoffe ſind in einem geringern Verhältniſſe als in jenem.

§. 1161. 11) Die **Sauerkleeſäure** oder **Zuckerſäure** (Acidum oxalicum) iſt im 12) **Sauerkleeſalze** (Sal acetoſellae) mit einem Theile Gewächsalkali verbunden, aber nicht damit geſättigt, ſo daß dieſes auch als ein weſentliches ſaures Salz erſcheint. Sie läßt ſich auch durch Kunſt aus dem Zucker, der Stärke, dem Schleime, der Weinſteinſäure und andern Pflanzenſtoffen, dadurch darſtellen, daß man dieſe vermittelſt der Salpeterſäure bis auf einen gewiſſen Grad mit mehrerm Sauerſtoffe verbindet. Sie ſchießt in ſpießichten, oder dünnen vierſeitigen prismatiſchen Kryſtallen an, die ſehr ſauer ſchmecken, an der Luft in der Wärme verwittern, in der Hitze zerſetzt werden, und

ſich

ſich auch brennbarhaltig zeigen. Die Sauerkleeſäure hat mit der Weinſteinſäure einerley Grundſtoffe gemein, aber in einem andern quantitativen Verhältniſſe.

§. 1162. 13) Die **Zitronenſäure** (Acidum citricum) iſt in dem Zitronenſafte (Succus citri) in Verbindung mit ſchleimigen Theilen, und ſonſt noch in andern ſauern Säften, z. B. der Johannisbeeren, der ſauern Kirſchen, der Moosbeeren, der Preußelbeeren, der unreifen Weintrauben, u. a., enthalten. Dieſe Säure iſt im reinen Zuſtande kryſtalliſirbar, und hat einerley Radical (§. 871.) mit der Weinſteinſäure und Sauerkleeſäure, nur in einem andern Verhältniſſe der Grundſtoffe deſſelben.

§. 1163. 14) Die **Aepfelſäure** (Acidum malicum) findet ſich in den Säften ſaurer Aepfel, ſonſt aber auch in andern ſauern Früchten, wie in den Berberitzen, Hollunderbeeren, Schlehen, Pflaumen, u. a. Sie läßt ſich nicht zu feſten Kryſtallen bringen, und unterſcheidet ſich von der Weinſteinſäure, Zitronenſäure und Sauerkleeſäure durch ein anderes Verhältniß der Grundbeſtandtheile.

§. 1164. 15) Die **Benzoeſäure** (Acidum benzoïcum) macht in dem **Benzoeharze** (Benzoë) einen nähern Beſtandtheil, und kann daraus entweder durch gelinde Sublimation, oder durch Auskochen mit alkaliſchen Laugen oder Kalkwaſſer geſchieden werden. Sie iſt eine flüchtige Säure, und erſcheint in weißen, glänzelnden Nadeln (**Benzoeblumen**). Ihr Geſchmack iſt nicht hervorſtechend ſauer. Sie löſ't

ſich

ſich im kalten Waſſer ſchwer, leichter im kochenden auf. An der Luft ſind die Kryſtalle beſtändig. Im Weingeiſte ſind ſie auflösbar, und auf glühenden Kohlen brennbar. Auch das Radical von dieſer Säure iſt aus Kohlenſtoff und Waſſerſtoff zuſammengeſetzt.

§. 1165. 16) Der **zuſammenziehende Stoff** (Principium adſtringens) äußert ſich in den Gewächſen durch den zuſammenziehenden Geſchmack, den ſie verurſachen, und dadurch, daß die wäſſerige oder geiſtige Ausziehung derſelben mit der Auflöſung des Eiſens in Säuren einen ſchwarzen Niederſchlag bewirkt. Beyſpiele geben: die Galläpfel, die Rinde der Eiche, der Granatäpfel, der Schmack, u. a. Unſere **gemeine Tinte** iſt ein ſolcher Niederſchlag des Eiſens durch den zuſammenziehenden Stoff. Wenn dieſer zuſammenziehende Stoff von den ihm anhängenden färbenden, gummigen und harzigen Theilen befreyet worden iſt, ſo zeigt er ſich als ein weißes, nadelförmiges, ſaures Salz, das man **Gallusſäure** genannt hat. Es iſt in der Hitze flüchtig; auf glühenden Kohlen iſt es entzündlich. Mit Salpeterſäure behandelt, giebt es Sauerkleeſäure. Der ſchwarze Niederſchlag, den der zuſammenziehende Stoff mit dem Eiſen macht, iſt in einem Ueberſchuſſe von andern Säuren auflöslich, wodurch die ſchwarze Farbe wieder verſchwindet, die ſich aber dann wieder durch Alkali zum Vorſcheine bringen läßt. Kohlenſtoff und Waſſerſtoff machen auch das Radical dieſer Säure aus.

§. 1166. 17) Aus mehrern Saamen und Kernen, z. B. dem Leinſaamen, dem Mohnſaamen, den Mandeln, ſo wie auch aus einigen Früchten der Pflanzen, z. B. den Oliven, läßt ſich eine flüſſige Materie auspreſſen, welche durch Hülfe eines Dochtes die Flamme ernährt, und ſich nicht in Waſſer auflöſen läßt, alſo ein **Oehl**, und zwar ein ſolches, das ſich nicht im Weingeiſte auflöſ't, auf Papier getröpfelt einen Fleck macht, der durchs Erwärmen nicht wieder vergeht, und wenn es rein iſt, keinen erheblichen Geruch und einen milden Geſchmack beſitzt. Man nennt es ein **fettes Oehl** (Oleum unguinoſum). Zum Sieden erfordern dieſe Oehle eine ſtarke Hitze, die man auf 600 Grad nach Fahrenheit rechnet. Sie ſind ſämmtlich ſpecifiſch leichter als Waſſer. Einige trocknen an der Luft aus, andere bleiben ſtets ſchmierig. Einige ſind in der gewöhnlichen Temperatur unſerer Atmoſphäre flüſſig, andere hart und ſpröde; jene nennt man auch **Pflanzenbutter**. Das **Wachs** kann man gewiſſer Maßen zu den fetten Oehlen rechnen. Die fetten Oehle ſind außer dem Brennſtoffe faſt bloß aus Kohlenſtoff und Waſſerſtoff, und nur aus wenigem Sauerſtoffe zuſammengeſetzt.

§. 1167. Mit den ätzenden Alkalien verbinden ſich die fetten Oehle vollkommen und innigſt, und werden damit zu einer neuen Materie, die ſich in Waſſer und Alcohol auflöſen läßt, zur **Seife** (Sapo). Die Seifen werden durch alle Säuren wieder zerſetzt, und das Oehl daraus abgeſchieden, wiewohl in veränderter Natur. Auch alle Verbindungen der Säuren mit

Stoffen,

Stoffen, mit denen ſie nicht ſo nahe verwandt ſind, als mit den feuerbeſtändigen Alkalien, zerſetzen die aus letztern bereiteten Seifen. Verſchiedene Wäſſer, beſonders aus Brunnen, löſen aus eben dieſer Urſache die Seifen nur unvollkommen auf und zerſetzen ſie. Man nennt dieſe Wäſſer **hart** (Aquae durae). Die **weichen Wäſſer** hingegen (Aquae molles), wie die atmoſphäriſchen und das deſtillirte Waſſer, löſen die Seifen vollkommen auf.

§. 1168. 18) Verſchiedene ſtark riechende und ſchmeckende Pflanzen, oder ihre Theile, ertheilen nicht nur dem darüber abgezogenen oder deſtillirten Waſſer ihren Geruch, ſondern es geht auch zugleich mit dem Waſſer ein Oehl über, das von den fetten Oehlen weſentlich verſchieden iſt, wie ſchon daraus zu ſehen iſt, daß es ſich mit Waſſer deſtilliren läßt. Es erfordert alſo eine geringere Hitze zum Sieden, als die fetten Oehle, hinterläßt auf dem Papiere keinen Fleck, wenn man dieſes anwärmt, iſt in der Wärme leicht verdunſtbar, hat einen durchdringenden Geruch, der in allem mit dem Geruche der Pflanze übereinkommt, woraus es deſtillirt worden iſt; es löſ't ſich in Weingeiſt auf, und läßt ſich durch die Flamme eines Lichts anzünden. Man nennt dieſe Oehle **ätheriſche, riechende oder deſtillirte Oehle** (Olea aetherea, destillata), auch wohl **weſentliche Oehle**; doch kommt der letztere Name mit allem Rechte auch den fetten Oehlen zu. Die mehreſten ätheriſchen Oehle ſind leichter, als das Waſſer, und ſchwimmen oben auf; nur einige, beſonders aus Gewürzpflanzen heißer Länder, ſinken im

Waſſer zu Boden. Ferner unterſcheiden ſie ſich in der Conſiſtenz, und beſonders auch in der Farbe. Im Waſſer löſen ſie ſich einiger Maßen auf und ertheilen ihm ihren Geruch und Geſchmack. Die Grundſtoffe des ätheriſchen Oehles ſind außer dem Brennſtoffe, Waſſerſtoff und Kohlenſtoff.

§. 1169. 19) Eine andere eigenthümliche Materie der Pflanzen, die aber ſeltener in ihnen anzutreffen iſt, iſt der **Kampher** (Camphora), eine weiße, nicht fettig und auch nicht ſcharf anzufühlende, feſte, durchſcheinende, glänzende Materie, von einem ſtarken und durchdringenden Geruche und Geſchmacke, die ſehr flüchtig iſt, in gelinder Wärme ſchmilzt, ſich ſehr leicht anzünden läßt, und ohne Rückſtand zu hinterlaſſen, mit ſtarkem Rauche und Ruß verbrennt. Der Kampher iſt im Waſſer nicht auflösbar, aber im Weingeiſte und in Oehlen. Er beſteht aus Kohlenſtoff und Waſſerſtoff.

§. 1170. 20) Der **ſcharfe Pflanzenſtoff** (Materia acris pl.) muß als ein eigener näherer Beſtandtheil im Pflanzenreiche unterſchieden werden. Mehrere Pflanzen nämlich, die übrigens geruchlos ſind, haben einen ſehr brennenden und ſcharfen Geſchmack, ſie erregen, wenn ſie friſch auf die Haut applicirt werden, Röthe, örtliche Entzündungen, ziehen Blaſen. Durchs Trocknen verliert ſich dieſe Schärfe ganz oder größten Theils. Das Waſſer, das man über dieſe Pflanzen abzieht, erhält dagegen alle Schärfe und alles Reizende. Beyſpiele geben: die friſchen Wurzeln vom

Arum,

Arum, von der Meerzwiebel, von der Zeitloſe, der friſche Hahnenfuß, u. a. In verſchiedenen Gewächſen iſt dieſer ſcharfe und flüchtige Stoff mit ätheriſchem Oehle verbunden, und dadurch auch einiger Maßen gemildert; wie z. B. im Merrettig, im Löffelkraute, in der Brunnenkreſſe, im Senfe, u. a. Sonſt iſt uns die Miſchung dieſes eigenen Stoffs noch ſehr unbekannt. Irriger Weiſe haben ihn einige für Ammoniak gehalten.

§. 1171. Das Narcotiſche oder Betäubende mehrerer Pflanzen, z. B. des Opiums, der Kirſchlorberblätter, iſt gewiß keine Qualität anderer näherer Beſtandtheile, ſondern hängt vielmehr von einem eigenen Subſtrate ab, das ſelbſt einen nähern Beſtandtheil des Pflanzenreichs ausmacht, und das ich 21) den **narcotiſchen Pflanzenſtoff** (Materia narcotica pl.) nenne. Bis jetzt hat man freylich dieſes Princip noch nicht abgeſondert und allein darſtellen können, daraus läßt ſich aber kein Schluß gegen die Exiſtenz eines ſolchen eigenen Weſens machen. Es iſt flüchtig in der Siedhitze des Waſſers, kann aber doch durch andere fixere Beſtandtheile ſo figirt werden, daß es die Siedhitze des Waſſers verträgt. Immer aber verlieren die narcotiſchen Subſtanzen des Gewächsreichs durchs Trocknen, Auskochen, von der Stärke ihrer Kraft. In manchen, wie in Kirſchlorberblättern, iſt der narcotiſche Stoff an ein ätheriſches Oehl gebunden.

§. 1172. Endlich iſt noch der nach Abſonderung aller bisher erwähnten nähern Beſtandtheile der Pflanzen

zen übrig bleibende Rückſtand, der gewiſſer Maßen das Skelett der Pflanze vorſtellt, unter dem Nahmen des 22) fadigen oder holzigen Theiles (Materia fibroſa pl.), als eine eigenthümliche Zuſammenſetzung zu unterſcheiden. Seine Unauflöslichkeit in Waſſer, Alcohol, Oehlen und Alkalien charakteriſiren ihn genugſam. Er iſt brennbar, und Kohlenſtoff, Waſſerſtoff und Sauerſtoff bilden ſeine Zuſammenſetzung, vielleicht auch noch Stickſtoff und Phosphor.

Zuſammenſetzungen in thieriſchen Körpern.

§. 1173. Die Grundſtoffe, welche die Zuſammenſetzungen oder die nähern Beſtandtheile thieriſcher Körper bilden, ſind dieſelbigen, als bey den Körpern des Pflanzenreichs. Es ſind, außer dem **Brennſtoffe**, (der in jedem Producte derſelben enthalten iſt,) **Stickſtoff**, **Kohlenſtoff**, **Waſſerſtoff**, **Phosphor**, **Sauerſtoff**, und dann noch **Kalkerde**. Im Allgemeinen unterſcheiden ſich die allermehreſten thieriſchen Subſtanzen dadurch von den vegetabiliſchen, daß ſie mehr Stickſtoff und Phosphor verhältnißmäßig enthalten.

§. 1174. Als eigene nähere Beſtandtheile der thieriſchen Körper aus den vorgenannten Grundſtoffen (§. 1173.) ſind anzuſehen: 1) **Gallerte**, 2) **Fett**, 3) **Eyweißſtoff**, 4) **Faſerſtoff**, 5) **Knochenmaterie**, 6) **Milchzucker**, 7) **Ameiſenſäure**, 8) **kohlenſaure Kalkerde der Schaalthiere**, u. a.

§. 1175. Bey der trockenen Deſtillation geben die thieriſchen Körper alle kohlenſtoffhaltiges Waſſerſtoffgas (§. 1141.) und kohlenſaures Gas, und die mehreſten außer einem brenzlichen Oehle kohlenſaures Ammoniak; nur wenige geben eine brenzliche Säure. Die Entſtehung dieſer Producte läßt ſich aus den angeführten (§. 1173.) Grundſtoffen leicht erklären.

§. 1176. Die Kohle ſolcher thieriſchen Subſtanzen, welche bey der trockenen Deſtillation Ammoniak geben (§. 1175.), z. B. von Gallerte, Eyweiß, Blut, Knochen, iſt beſonders noch dadurch merkwürdig, daß ſie, mit ätzenden feuerbeſtändigen Alkalien in bedeckten Gefäßen geglühet, der nachher mit Waſſer auszuziehenden Lauge derſelben das Vermögen ertheilt, das Eiſen aus ſeinen Auflöſungen in Säuren als **Berlinerblau** niederzuſchlagen. Es bildet ſich nämlich aus dem jener Kohle noch anhängenden Stickſtoffe, Waſſerſtoffe, Kohlenſtoffe, Phosphor und etwas Sauerſtoffe eine eigenthümliche Säure, die man jetzt durch den Namen der **Blauſäure** (Acidum boruſſicum, *A. pruſſique*) unterſcheidet, welche mit dem Alkali in Verbindung tritt, es neutraliſirt, von demſelben aber durch eine doppelte Wahlverwandtſchaft an das Eiſen übergeht, das in einer Säure aufgelöſ't iſt. Das Berlinerblau iſt alſo blauſaures Eiſen. Die Blauſäure ſelbſt iſt eine ſchwache Säure, für ſich allein in der Hitze flüchtig und gasförmig. Sie tritt von dem Berlinerblau an Alkalien und Kalkwaſſer, wenn man dieſe damit kocht.

§. 1177.

§. 1177. So wie der Kohlenſtoff durchs Verbrennen zur Kohlenſäure wird, ſo wird der Phosphor in der thieriſchen Kohle durchs Einäſchern der letztern zur Phosphorſäure, die, wenn zugleich Kalkerde zugegen iſt, damit phosphorſaure Kalkerde bilden kann. Dergleichen iſt die **Knochenaſche**.

§. 1178. 1) Die **Gallerte** (Gelatina) macht einen nähern Beſtandtheil der friſchen Muskelfaſer, des Zellgewebes, der Knorpel, der Klauen, der Hörner, der Knochen, u. a., aus. Sie löſ't ſich im Waſſer auf, das man mit dieſen Theilen kocht, ertheilt demſelben einen milden Geſchmack, ohne erheblichen Geruch, und einige Viſcoſität. Die **Fleiſchbrühen** ſind ſolche Auflöſungen des gallertartigen Theiles des Fleiſches im Waſſer. Nach dem Verdunſten des Waſſers bis zu einem gewiſſen Grade gerinnt die Auflöſung beym Abkühlen zu einer durchſichtigen, mit etwas Schnellkraft begabten, Materie, die man im gemeinen Leben auch eine **Gallerte** oder **Sulze** nennt; und wird endlich bey fortgeſetztem Austrocknen zu einer harten, feſten, durchſcheinenden, hornartigen Materie, die ſich im Waſſer und im Weingeiſte vollkommen wieder auflöſen läßt, und auch ein **Leim** (Gluten) genannt wird. In der Hitze läßt ſich dieſer Leim nicht eigentlich ſchmelzen; auf glühenden Kohlen verbrennt er unter dem Geruche des angebrannten Horns. Mit Waſſer verdünnt, geht er in der Wärme ſchnell in Fäulniß über. Die Gallerte iſt aus Brennſtoff, Stickſtoff, Kohlenſtoff, Waſſerſtoff, Phosphor und Sauerſtoff zuſammengeſetzt.

§. 1179. 2) Das **Fett** (Pinguedo, Adeps, Axungia) der Thiere iſt den fetten Pflanzenöhlen in allem ähnlich; und unterſcheidet ſich bey den verſchiedenen Thieren und nach den verſchiedenen Stellen, wo es abgeſondert wird, in der Conſiſtenz, wie der Talg oder Unſchlitt (Sebum), der Wallrath, das Schmalz und der Thran beweiſen. Auch die Butter gehört hierher. Alles, was oben (§. 1166. ff.) von den fetten Pflanzenöhlen angeführt worden iſt; gilt auch vom thieriſchen Fette. Seine Beſtandtheile ſind auch dieſelbigen.

§. 1180. 3) Der **Eyweißſtoff** (Materia albuminoſa) macht den hauptſächlichſten Beſtandtheil des Blutwaſſers (Serum ſanguinis) und der lymphatiſchen Flüſſigkeit aus; bildet den Käſe der Milch, das Eyweis. Er iſt vor dem Gerinnen mit kaltem Waſſer miſchbar, und darin ſo fein zertheilt, daß er aufgelöſ't zu ſeyn ſcheint. Durch die Hitze gerinnt er aber darin; und auch Alles, was das Waſſer ſtärker anzieht, wie concentrirte Säure, Weingeiſt, bringt ihn zum Gerinnen, und er fällt als ein weißer, geruch- und geſchmackloſer Körper nieder, der nach dem völligen Austrocknen durchſcheinend, hart und ſpröde iſt, in der Wärme nicht ſchmilzt, im Waſſer und Weingeiſte nicht auflösbar iſt, ſich aber in Ammoniak und Alkalien auflöſen läßt. Seine Beſtandtheile kommen mit denen der Gallarte überein; nur ſind ſie im Verhältniſſe gegen einander verſchieden.

§. 1181. Von dem Eyweißſtoffe unterſcheidet ſich durch eine feſtere Conſiſtenz und durch eine größere

Gerinn-

Gerinnbarkeit 4) der Faſerſtoff, oder der fadenartige Theil des Bluts (Pars fibroſa), der aus dem friſch geronnenen Blutkuchen durch Waſchen mit Waſſer getrennt werden kann, und ſich auch beym bloßen Schlagen und Rütteln des friſch gelaſſenen Bluts abſondern läßt. Er iſt im friſchen Zuſtande weiß, ſehr zähe, trocknet in der Wärme zu einer ſpröden Materie aus, löſ't ſich weder im kalten, noch heißen Waſſer auf, auch nicht im Weingeiſte, wohl aber in concentrirten Säuren, wie im Vitriolöhle, aus dem er aber doch wieder durch Verdünnung mit Waſſer gefällt wird. In der Hitze läßt er ſich nicht ſchmelzen; auf glühenden Kohlen verbrennt er unter dem Geruche angebrannter Haare. — Mit dieſem fadenartigen Theile des Bluts kommt die von allem Auszugartigen oder Gallertartigen befreyete Muskelfaſer überein, und die Membranen, die Knorpel, die Ligamente, die Nägel und Klauen, die durchſcheinenden Hörner, die Haare, die Wolle, die Federn, nehmen alle aus dieſem fadenartigen Theile ihren Urſprung, und ſind im Grunde in ihrer Miſchung davon nicht verſchieden, wenn man ihren gallertartigen Theil ausgezogen hat. In Anſehung ſeiner Miſchung kommt er mit dem Kleber des Mehls (§. 1155.) überein.

§. 1182. Die Knochen der Thiere und ihre undurchſichtigen Hörner, ſo wie die Geripppe der Amphibien und Fiſche, laſſen, wenn ſie von allen nicht dazu gehörigen Theilen gereinigt und von ihrem gallertartigen Stoffe durch Auskochen mit reinem Waſſer völlig

völlig befreyet worden ſind, eine weißliche unſchmackhafte Subſtanz zurück, die noch die organiſche Structur wegen ihres Zuſammenhanges zeigt, ſich in den Säuren auflöſen, in der Hitze in verſchloſſenen Gefäßen ſich zur Kohle brennen läßt, im offenen Feuer den Geruch der angebrannten Haare zeigt, und eine große Menge weißer Erde zurückläßt. Ich nenne dieſe Subſtanz der ausgekochten Knochen 5) **Knochenmaterie**, und unterſcheide ſie dadurch von der **Knochenerde** (§. 1177.) die nach dem völligen Einäſchern oder Ausbrennen derſelben zurückbleibt. Die Knochenmaterie kommt in der Beſchaffenheit ihrer Grundtheile mit dem fadenartigen Theile des Bluts überein, und iſt nur hauptſächlich in dem Verhältniſſe des Phosphors und der Kalkerde verſchieden, die darin in einem größern Verhältniſſe zu den übrigen Grundſtoffen ſind.

§. 1183. In der Milch der Kühe, und wahrſcheinlich auch in der Milch anderer kräuter-freſſenden Thiere, findet ſich noch ein weſentliches Salz, 6) der **Milchzucker** (Saccharum lactis), von einem ſchwach-zuckerartigen Geſchmacke, das ſich auch in luftbeſtändige Kryſtalle bringen läßt, ſich weder als Säure noch als Laugenſalz zeigt, und vielmehr zu der Ordnung der zuckerartigen Salze (§. 861.) gehört. Er iſt offenbar vegetabiliſchen Urſprungs.

§. 1184. Die **Säure der Ameiſen** (Acidum formicarum) unterſcheidet ſich, nach gehöriger Reinigung, nicht von der Eſſigſäure des Pflanzenreichs, und hat auch ohne Zweifel einen bloß vegetabiliſchen Urſprung.

Von

Von ſelbſt erfolgende Veränderung der Miſchung organiſcher Körper.

§. 1185. In den lebenden organiſchen Körpern erfolgen zwar durch die Functionen des Lebens beſtändige Miſchungsveränderungen der verſchiedenen Stoffe, welche zu den nähern Beſtandtheilen der organiſchen Körper gehören, und die Abſonderungen beruhen hauptſächlich hierauf. Wir haben es indeſſen hier nur mit den von ſelbſt erfolgenden Veränderungen der Miſchung zu thun, die in der **todten** organiſchen Subſtanz Statt finden. Alle todte organiſche Subſtanzen ſind dieſer von ſelbſt erfolgenden Veränderung ihrer Miſchung unterworfen, wenn ſie bey einem hinlänglichen Grade der Wäſſerigkeit und Wärme von dem Zugange der Luft nicht ganz ausgeſchloſſen ſind. Man nennt dieſe von ſelbſt erfolgende Zerſtörung ihrer Miſchung **Gährung** (Fermentatio).

§. 1186. Nach der Beſchaffenheit der Subſtanz, welche in Gährung begriffen iſt, auch wohl nach der Dauer der Gährung ſelbſt, ſind die Producte verſchieden, die ſich dabey bilden; und man hat hiernach dreyerley Arten von Gährung unterſchieden: die **weinigte Gährung** (Fermentatio vinoſa); die **ſaure** oder **Eſſiggährung** (Fermentatio acida); und die **fauligte Gährung** oder **Fäulniß** (Fermentatio putrida, Putrefactio). Indeſſen ließen ſich allerdings noch mehrere Arten feſtſetzen.

Weingährung.

§. 1187. Die ſchleimig-zuckerartigen Stoffe des Pflanzenreichs erfahren ſehr bald eine auffallende Veränderung ihrer Miſchung, wenn ſie bey dem gehörigen Grade der Verbindung mit Waſſer und bey der Wärme (von 60 bis 70 Gr.) vom Zutritte der Luft nicht ganz ausgeſchloſſen ſind.

§. 1188. Um die Erſcheinungen, die dabey Statt finden, wahrnehmen zu können, wähle ich den **Moſt**, oder den ausgepreßten Saft der Weintrauben, als Beyſpiel. Wenn man denſelben in einer enghalſigen Flaſche in eine Temperatur von etwa 70° F. ruhig hinſtellt, ſo geräth er ſehr bald in eine innere Bewegung; die Durchſichtigkeit und Klarheit verlieren ſich; die Maſſe wird trübe; es reißt ſich eine große Menge von Luftbläschen aus dem Innern derſelben los, die auch wohl mit einem merklichen Geräuſche hervorbrechen, und wegen der Zähigkeit der Materie, worin ſie eingeſchloſſen ſind, eine Schicht auf der Oberfläche der Flüſſigkeit, den **Gäſche**, bilden. Sie ſind durchaus **kohlenſaures Gas**, das nach Beſchaffenheit der gährenden Materie und der dabey Statt findenden Temperatur oft in ungemeiner Menge hervorbricht, und beym verhinderten Austritte auch wohl die Gefäße ſprengen kann. Nach einer längern oder kürzern Zeit laſſen dieſe Erſcheinungen der Gährung nach, der Schaum verliert ſich, die gegohrne Materie wird wieder klar und hell, und es entbindet ſich kein kohlenſaures Gas weiter. Jetzt ſcheint die Natur gleichſam

ſam einzuladen, dieſen Zeitpunct zu nützen, und die Bedingungen zu entfernen, unter welchen die Gährung anhob, und unter welchen eine neue Miſchungsveränderung eintreten würde. Die gegohrne Materie zeigt jetzt eine veränderte Natur; der ſüße Geſchmack des Moſtes und ſeine Klebrigkeit haben ſich verloren, und er hat den **weinartigen** Geruch und Geſchmack, und berauſchende Kräfte erhalten, die man vorher nicht an ihm wahrnahm. Es hat ſich ein dicker Satz geſchieden, der die ſo genannten **Hefen** (Faeces, Mater vini) ausmacht.

§. 1189. Das Bedürfniß hat den Menſchen vielerley weinartige Getränke aus mancherley Pflanzenſtoffen zu bereiten gelehrt. Aber in allen iſt nur die zuckerartig-ſchleimige Materie die Grundlage derſelben, und der weinartigen Gährung fähig; und es giebt daher außer dem eigentlichen **Weine** aus Traubenſaft noch eine große Menge anderer **weinartiger Getränke**. Hierher gehört unter andern: der **Cider** oder **Aepfelwein**, der **Meth** aus Honig, das **Bier** aus Malz.

§. 1190. Bey ſolchen Dingen, die nicht ſehr geneigt zur Gährung ſind, oder worin der Zuckerſtoff mit zu vielen andern Theilen verbunden iſt, befördert man die Gährung durch den Zuſatz gewiſſer Subſtanzen, die man **Gährungsmittel** (Fermenta) nennt. Dahin gehören Materien, die entweder ſchon ſelbſt in Weingährung begriffen oder ſehr geneigt dazu ſind.

§. 1191. Wenn man guten, geiſtreichen Wein aus einer gläſernen Retorte mit einer Vorlage im Sandbade bey wohl verklebten Fugen und gelinder Hitze deſtillirt, ſo geht eine Flüſſigkeit, in eigenen, fett ausſehenden, Streifen in die Vorlage über, die einen ſtarken erwärmenden Geſchmack, einen durchdringenden Geruch, und berauſchende Kraft beſitzt, ſich anzünden läßt, und mit einer Flamme ohne Rauch und Ruß verbrennt. Der überdeſtillirte flüchtige Theil des Weines heißt **Weingeiſt** (Spiritus vini), **brennbarer Geiſt** (Spiritus ardens, inflammabilis), **Branntwein** (Vinum aduſtum). Er enthält immer noch wäſſerige Theile beygemiſcht, die zu gleicher Zeit mit übergingen. Alle gegohrne weinartige Getränke geben bey der Deſtillation dieſen brennbaren Geiſt, und zwar immer um deſto mehr, je beſſer ſie ſind. Die im Handel vorkommenden oder zum Bedürfniſſe verwendeten Branntweine werden auch aus andern, oft in dieſer Abſicht bloß zur Weingährung gebrachten, weinartigen Flüſſigkeiten gezogen.

§. 1192. Der von ſeinem überflüſſigen Waſſer ziemlich genau gereinigte Branntwein heißt **rectificirte Weingeiſt** (Spiritus vini rectificatus), wenn er auch ſchon eben nicht vom Weine, ſondern, wie in unſern Gegenden, vom Kornbranntweine verfertigt worden iſt. Den allerreinſten, und von allen außerweſentlichen Waſſertheilen durch gehörig angeſtellte Rectification befreyeten, nennt man **Alcohol** oder **höchſtrectificirten Weingeiſt** (Alcohol, Spiritus vini rectificatiſſimus).

§. 1193.

§. 1193. Der Alcohol iſt als das eigentliche Product der weinigten Gährung, und als ein eigenthümliches, durch die Natur erzeugtes, Gemiſch anzuſehen. Er iſt im reinen Zuſtande völlig farbenlos, hell und klar, durchdringend und ſtark von Geruch und Geſchmack, läßt ſich ohne Docht leicht anzünden, und brennt, ohne Rückſtand zu hinterlaſſen, mit Flamme ohne Rauch und Ruß. Er iſt ſpecifiſch leichter als Waſſer, und ſein eigenthümliches Gewicht wird gewöhnlich zu 0,815 geſetzt; Herr Lowitz aber hat gezeigt, daß dieſes bey der ſtärkſten Entwäſſerung des Alcohols auf 0,791 herunter gebracht werden könne. Er iſt flüchtig, leicht verdunſtbar, und ſiedet ſchon bey 165° F. Eben dieſes iſt der Grund, warum er ſich durch Rectificirung entwäſſern läßt. Mit dem Waſſer läßt ſich der Alcohol in allen Verhältniſſen vermiſchen, und beyde nehmen nach der Vermiſchung einen geringern Raum ein, als ſie nach der Summe ihrer einzelnen Räume einnehmen ſollten. Der Alcohol gefriert nicht in den bey uns bekannten Graden der Kälte.

§. 1194. Wenn man die Dämpfe des Alcohols aus einer gläſernen Retorte durch ein glühendes gläſernes Rohr, das mit einer Mittelflaſche und dem pneumatiſchen Apparate connectirt, treten läßt, ſo wird ein Antheil Alcohol zerlegt, und man erhält kohlenſtoffhaltiges Waſſerſtoffgas und kohlenſaures Gas.

§. 1195. Die Beſtandtheile des Alcohols laſſen ſich aus den Producten ſeines Verbrennens beurtheilen

len und beſtimmen. Unternimmt man nämlich das Abbrennen des Alcohols in einer metallenen Schaale, die auf der Sperrflüſſigkeit ſchwimmt, und ſtürzt dann eine Glocke mit atmoſphäriſcher Luft darüber, ſo findet man, daß er, wie alle verbrennliche Subſtanzen, Sauerſtoffgas verzehrt. Braucht man hierbey Queckſilber zum Sperren, ſo enthält die rückſtändige Luft nicht allein Stickgas, ſondern auch kohlenſaures Gas, und das Inwendige der Glocke iſt ſo wie das Queckſilber mit einer merklichen Menge Waſſer bedeckt, auch wenn man den aufs höchſte entwäſſerten Alcohol angewendet hat. Braucht man Kalkwaſſer zum Sperren, ſo wird dieſes getrübt und kohlenſaure Kalkerde niedergeſchlagen. Es folgt alſo hieraus, daß Waſſer und Kohlenſäure die einzigen Producte des Verbrennens des waſſerfreyen Alcohols ſind. Herr **Lavoiſier** findet durch Berechnung aus ſeinen Verſuchen, daß 100 Theile Alcohol beym Verbrennen in Sauerſtoffgas 116,0816 Theile Waſſer geben, und daß 100 Theile des höchſt entwäſſerten Alcohols aus nahe 28,53 Kohlenſtoff, 7,873 Waſſerſtoff, und 63,597 ſchon gebildetem Waſſer beſtehen. Wenn man das letztere nicht als nähern Beſtandtheil des Alcohols anſehen will, ſo beſteht der Alcohol etwa aus 0,285 Theilen Kohlenſtoff, 0,175 Theilen Waſſerſtoff und 0,540 Theilen Sauerſtoff.

Lavoiſier über die Verbindung des ſäure-erzeugenden Grundſtoffes mit Weingeiſte, Oehlen und andern verbrennlichen Körpern; in Crells chem. Annalen, 1790. B. I. S. 518. ff.

§. 1196. Aus der innigen und genauen Vereinigung des Alcohols mit der concentrirten Schwefelſäure

erzeugt ſich ein neues merkwürdiges Product: die **Vitriolnaphtha**, oder der **Vitrioläther**: eine Flüſſigkeit von einem eigenen, angenehmen, aber durchdringenden, Geruche und Geſchmacke, die noch leichter iſt, als Weingeiſt, ſich im Weingeiſte leicht auflöſ't, und auch einiger Maßen im Waſſer, da zehn Theile des letztern einen Theil davon in ſich nehmen; ſehr leicht und ſchnell verdunſtet, und dabey eine anſehnliche Kälte erzeugt; ſich leicht anzünden läßt, auch ſchon in der Entfernung von der Flamme eines Lichtes; und mit einer ſtarken und hellen Flamme verbrennt. Auch einige andere Säuren bringen mit dem Weingeiſte beſondere Arten von Aether hervor, wovon die **Salpeternaphtha**, die **Eſſignaphtha**, Beyſpiele geben.

§. 1197. Die Beſtandtheile des zur Weingährung fähigen ſchleimig-zuckerartigen Stoffes in Verbindung mit dem Waſſer ſind: Kohlenſtoff, Waſſerſtoff und Sauerſtoff; dies ſind aber auch die Beſtandtheile des Products der Weingährung, nämlich des Alcohols (§. 1195.), nur in einem andern Verhältniſſe, beſonders in einem geringern des Kohlenſtoffes zu den übrigen. Folglich beſteht dieſe Miſchungsveränderung darin, daß in der gährenden Subſtanz der Kohlenſtoff vermindert wird. Dieſes geſchieht auch bey dem Acte der Gährung, wie das austretende kohlenſaure Gas offenbar lehrt. Es verbindet ſich alſo unter dem Einfluſſe der Wärme ein Antheil Kohlenſtoff mit Sauerſtoff zur Kohlenſäure, die als Gas austritt; den Sauerſtoff dazu liefert wohl nicht

allein

allein der ſchleimig-zuckerartige Stoff, ſondern wahrſcheinlicher Weiſe auch das Waſſer, wovon alſo ein Antheil hierbey zerſetzt, und wodurch alſo das Verhältniß des Waſſerſtoffes zu den übrigen Grundſtoffen noch größer wird, und ſich ſo das Product, das Spirituöſe, bildet. Durch die Entſtehung des Alcohols in der weinartigen Flüſſigkeit ändert ſich nun natürlicher Weiſe auch die Auflöſungskraft auf die fremdartigen Subſtanzen, die ſonſt in dem Wäſſerigen vor der Gährung aufgelöſ't ſeyn konnten. Daher trübt ſich die Flüſſigkeit, und es ſondern ſich ſchleimige Theile, und, wie aus dem Moſte, Weinſtein ab. Je geringer die Menge des Zuckerſtoffes in der gährenden Flüſſigkeit iſt, deſto kleiner wird auch die Menge des Spirituöſen oder des Alcohols, und umgekehrt. Eine zu große Menge des zuckerartigen Stoffes kann aber doch machen, daß der entſtandene Wein ſüß bleibt und unzerſetzten Zuckerſtoff behält, weil, wenn erſt eine gewiſſe Menge Spirituöſes erzeugt iſt, die Gährung dadurch ſelbſt gehemmt wird.

Eſſiggährung.

§. 1198. Wenn die vorhin beſchriebene Gährung des Weines oder der weinartigen Getränke zu lange unterhalten oder der ſchon entſtandene Wein in einer Wärme von 75 bis 85° F. unter dem Zugange der Luft erhalten wird, ſo geht abermals eine Miſchungsveränderung vor, die ſeine vorige Natur ganz aufhebt und zerſtört. Er verliert alle berauſchende Kraft und wird offenbar ſauer, oder zu Eſſig. Da-

 her

her heißt dieſe zweyte Miſchungsveränderung die **Eſſiggährung** (§. 1186.).

§. 1199. Der Wein wird bey dieſer Veränderung erſt trübe, und fängt auch wohl wieder an, merklich zu brauſen, wenn er noch unzerſetzten Zuckerſtoff enthält. Er wird auf der Oberfläche nach und nach mit einer kahnigen Haut bedeckt, und eine gewiſſe Menge fadenartiger Materie trennt ſich von ihm los, die ſich nach und nach zu Boden ſetzt und eine Art Hefen bildet, die ſo genannte Eſſigmutter. Ein Hauptumſtand hierbey iſt nun, daß das Sauerſtoffgas der atmoſphäriſchen Luft, die hierbey über der Fläche des in Eſſiggährung begriffenen Weines ſteht, eingeſogen wird. Die Flüſſigkeit wird nach und nach wieder hell und klar, und iſt nun ſauer. Die Periode der Eſſiggährung dauert um deſto länger, je kühler der Wein gehalten wird und je geringer der Zutritt der Luft iſt.

§. 1200. Jedes gegohrne weinartige Getränk iſt für ſich ſelbſt zur Eſſiggährung geſchickt. Alle Säfte der Pflanzen, welche den Zuckerſtoff in ſich haben und alſo in Weingährung gehen können, werden daher zu Eſſig, nachdem ſie die Weingährung überſtanden haben; und dieſe geht auch in ſolchen Säften allemal vorher, ehe die eigentliche Eſſiggährung oder das Sauerwerden anhebt. Die Weingährung iſt in derſelben freylich um deſto ſchneller vorübergehend, und um deſto weniger bemerkbar, je geringer der Gehalt des Zuckerſtoffes darin, oder je

mehr

mehr er durch Waſſer verdünnt iſt, oder je mehr die Luft Zugang hat und die Temperatur erhöhet iſt.

§. 1201. Der Zuckerſtoff iſt zwar die eigentliche Grundlage der weinigten Gährung; aber zur Eſſiggährung ſind auch andere Subſtanzen fähig, wie der reine Schleim, die Stärke, die weſentlichen ſauern Pflanzenſalze, die Gallerte, wenn ſie bey der Verdünnung mit Waſſer den Bedingungen zu dieſer Gährung unterworfen werden. Die Eſſiggährung ſetzt alſo nicht immer die Weingährung voraus, und iſt nicht überhaupt als eine Folge der letztern anzuſehen.

§. 1202. Bey ſolchen Dingen, die nicht ſehr zur Eſſiggährung geneigt ſind, befördert man dieſelbe durch **Eſſigfermente**. Dahin gehören alle Subſtanzen, die entweder ſchon ſelbſt darin begriffen ſind, oder ſehr leicht darein gerathen, mit oder ohne vorhergehende Weingährung; z. B. Hefen von ſauerm Weine, ſaurer Wein mit ſeinen Hefen ſelbſt, Sauerteig, u. dergl.

§. 1203. Die Eſſiggährung des Weines beſteht nicht in einem Verdunſten ſeines Alcohols, wie bey einer zu großen Einwirkung der Wärme darauf freylich wohl geſchehen kann; ſondern er geht ſelbſt in Eſſig über, und hilft ſolcher Geſtalt die Eſſigſäure vermehren.

§. 1204. Der Eſſig iſt noch nicht reine Eſſigſäure, ſondern jeder Eſſig enthält immer noch außerdem mehr oder weniger fremdartige Theile. Die Eſ-

ſigſäure

ſigſäure läßt ſich, da ſie flüchtig iſt, durch Deſtillation des Eſſigs aus demſelben darſtellen. Dieſer deſtillirte Eſſig (Acetum vini deſtillatum) iſt erſt als reine Eſſigſäure (Acidum aceticum) anzuſehen. Er iſt farbenlos, völlig klar und durchſichtig, angenehm ſäuerlich von Geruch und Geſchmack.

§. 1205. Die Eſſigſäure iſt im deſtillirten Eſſig durch ſehr viele wäſſerige Theile verdünnt, die man durch allerley Mittel davon zu ſcheiden geſucht hat. Da die Eſſigſäure durch ihre Verbindung mit Alkalien, Erden und Metallkalken mehr figirt wird, und folglich nun zuläßt, daß das damit verbundene Wäſſerige durch Verdunſten davon geſchieden werden kann, ſo giebt dies ein Mittel, die Eſſigſäure concentrirt darzuſtellen, wenn man ſie davon durch Schwefelſäure austreibt.

Die concentrirte Eſſigſäure heißt auch radicaler Eſſig (Acetum radicale.)

§. 1206. Die ſehr ſtark concentrirte Eſſigſäure iſt in der Kälte kryſtalliſirbar. Sie ſchießt ſchon bey 38° F. zu ſchönen, federartigen Kryſtallen an, die bey 59° F. flüſſig werden und einen ſtarken, höchſt durchdringenden Eſſiggeruch in der Wärme zeigen. Dieſe Eſſigſäure iſt nach dem Erwärmen entzündlich, und verbrennt mit leichter, bläulicher Flamme.

§. 1207. Die Grundlage der Eſſigſäure iſt, wie die aller Pflanzenſäuren, aus Kohlenſtoff und Waſſerſtoff zuſammengeſetzt, und die Eſſigſäure iſt alſo als eine Modification anderer Pflanzenſäuren anzuſehen.

ſehen. Ihre Zuſammenſetzung läßt ſich am beſten dadurch darthun, daß man ſie durch ein glühendes irdenes oder gläſernes Rohr treibt, wobey ſie Waſſerſtoffgas und kohlenſaures Gas liefert; was auch die daraus mit einem fixen Alkali bereiteten Neutralſalze bey ihrer trocknen Deſtillation thun.

§. 1208. Die Grundlage der Eſſigſäure unterſcheidet ſich nicht in der Qualität ihrer Grundſtoffe vom Alcohol; beyde beſtehen aus Kohlenſtoff und Waſſerſtoff; und das Hauptgeſchäft der Eſſiggährung muß alſo darin beſtehen, dieſe Grundſtoffe noch mit Sauerſtoff in Verbindung zu ſetzen und dadurch in eine Säure umzuwandeln. Die Erfahrung lehrt, daß Sauerſtoffgas zur Eſſiggährung Bedingung iſt, und daß es dabey verſchwindet oder zerſetzt wird, und daß folglich ſeine Baſis eingeſogen werde. Der Alcohol des Weines und der weinartigen Getränke nämlich ſaugt allmälig dieſen Sauerſtoff ein, und wird dadurch zur Eſſigſäure. Dazu trägt nun die Verbreitung des Alcohols unter vieles Wäſſerige des Weines und die Verbindung mit andern ſchleimigen und ſauern Theilen bey. Denn reiner Alcohol wird an der Luft freylich nicht zu Eſſig; er wird es aber wirklich, wenn er mit vielem Waſſer verdünnt in der Wärme nicht vom Zutritte der Luft ausgeſchloſſen iſt. Auch läßt ſich aus Alcohol und concentrirter Schwefelſäure Eſſigſäure künſtlicher Weiſe erzeugen. Dieſemnach iſt alſo die Eſſigſäure aus dem Weine bey der Eſſiggährung nicht ausgeſchieden, ſondern erzeugt; und die letztere beſteht nicht im Verdunſten des Alcohols, ſondern

im

im Uebergange deſſelben in Säure. Es erklärt ſich hieraus, warum der Eſſig um ſo beſſer werde, je geiſtiger der Wein war, woraus er entſtand.

§. 1209. Gleichwohl macht der Alcohol nicht allein die Baſis der Eſſiggährung aus; ſondern andere im Weine befindliche Subſtanzen, wie Weinſtein, Weinſteinſäure und Schleim, können ebenfalls darein verwandelt werden, und werden es auch, indem ſie Sauerſtoff aus der Atmoſphäre in ſich nehmen, wodurch denn nun die Menge des Sauern im Eſſig noch mehr vermehrt wird. Eben deshalb kann auch Eſſiggährung Statt finden ohne vorhergehende Weingährung, weil Subſtanzen, die der erſtern fähig ſind, nicht zur letztern geſchickt ſeyn können, wie Schleim und Pflanzenſäuren. Die Natur bewirkt bey der Eſſiggährung durch Sauerſtoffgas langſam und allmälig, was die Kunſt ſchneller und gewaltſamer, aber auch mit mehrerm Verluſte, durch Feuer, oder Schwefelſäure, oder Salpeterſäure, ausrichtet, wenn ſie jene Subſtanzen in Eſſigſäure umändert. Uebrigens müſſen auch dieſe Stoffe, wenn ſie Eſſiggährung erleiden ſollen, durch genugſames Waſſer verdünnt ſeyn.

Einige andere Arten der Gährung.

§. 1210. Wenn man unter Gährung jede natürliche und von ſelbſt erfolgende Veränderung der Miſchung organiſcher Körper verſteht, ſo muß man behaupten: daß ſie ſo wohl bey der Ernährung und

dem

dem Wachsthume der Pflanzen als der thieriſchen Körper höchſt mannigfaltig Statt findet; daß alle Abſonderungen darin beſtehen und darauf beruhen; und daß das ganze vegetabiliſche und animaliſche Leben im Grunde ein gährungsartiger Prozeß ſind. Wir überlaſſen dies indeſſen der Phyſiologie zur Unterſuchung, und bleiben hier bey den Miſchungsveränderungen der todten phyſiſchen Subſtanz, zu denen wir dann freylich weder das **Malzen** des Getreides, noch das **Reifen** des Obſtes rechnen können, weil hier die ſich verändernde Subſtanz noch als lebend anzuſehen iſt.

§. 1211. Das **Ranzigtwerden** der fetten Oehle und des thieriſchen Fettes iſt aber als eine Art von Eſſiggährung anzuſehen, weil dabey ſich eine anfangende Säure bildet, und der Kohlenſtoff und Waſſerſtoff des Oehls Sauerſtoff aus der Luft in ſich nehmen. Vorzüglich gehört aber die **Gährung des Brotteiges** hierher.

Faulende Gährung.

§. 1212. Die letzte Periode der von ſelbſt erfolgenden Miſchungsveränderung organiſcher Subſtanzen heißt die **faulende Gährung**, oder **Fäulniß** (Fermentatio putrida, Putrefactio). Da indeſſen die Erſcheinungen, die ſich dabey zeigen, und die Producte, die ſich dadurch bilden, nach Beſchaffenheit der Miſchung organiſcher Stoffe ſo wohl, als nach den zugelaſſenen Bedingungen ſo ſehr verſchieden ſind; ſo

ſo muß man in der That mehrere Arten der hierher gerechneten Miſchungsveränderung unterſcheiden; ſonſt läßt ſich von der Fäulniß nicht einmal eine befriedigende Definition geben, und auch keine Theorie entwerfen. Die Folge wird lehren, daß die Verweſung feſter organiſcher Körper wirklich auch von der eigentlichen Fäulniß derſelben ihren Urſachen, und Wirkungen nach verſchieden iſt.

§. 1213. Man kann die Fäulniß nicht als eine Fortſetzung der Weingährung und Eſſiggährung anſehen; denn nicht alle Subſtanzen, welche zu dieſen fähig ſind, erleiden jene. Nur bey ſolchen fäulnißfähigen Dingen, welche zugleich Beſtandtheile enthalten, die zur Weingährung oder Eſſiggährung geſchickt ſind, erfolgt die Fäulniß nach dieſen. Andere Stoffe gehen in Fäulniß, ohne alle Spur der erſtern Arten der Miſchungsveränderung.

§. 1214. 1) **Eigentliche Fäulniß**, oder diejenige Miſchungsveränderung organiſcher Subſtanzen, wodurch ſich Ammoniak und ein beſonderes Effluvium von einem höchſt widerwärtigen Geruche, den man den fauligen Geruch nennt, bildet, findet nur bey ſolchen Subſtanzen Statt, die neben dem Kohlenſtoffe und Waſſerſtoffe noch Stickſtoff und Phosphor enthalten. Dahin gehört: Eyweißſtoff, Faſerſtoff, Gallerte, Knochenmaterie und alle die feſten und flüſſigen Theile thieriſcher Körper, die ſie enthalten.

§. 1215. Die Bedingungen, unter welchen dieſe eigentliche Fäulniß Statt hat, ſind: ein gehöriger

Grad

Grad von Feuchtigkeit und Wärme, und Zutritt der Luft, nach deren Maaßgabe die Periode dieſer Miſchungsveränderung ſchneller oder langſamer erfolgt, oder früher oder ſpäter beendigt wird.

§. 1216. Die Stoffe, welche unter den genannten Bedingungen zu dieſer Fäulniß fähig ſind, erhalten zuerſt einen faden oder dummligen Geruch, der bald einem unangenehmen ſtinkenden Platz macht; der Geſchmack wird ekelhaft und widrig; und wenn es feſte Körper waren, ſo vermindert ſich der Zuſammenhang, der beym Fortgange dieſer Periode immer mehr abnimmt, ſo wie der Geruch immer ſtinkender und widriger wird. Zu gleicher Zeit zeigt er ſich auch urinös, und es entwickelt ſich ganz offenbar Ammoniak. Die Materie wird breyartig, verliert ihr organiſches Gewebe, wenn ſie dergleichen beſaß, immer mehr und mehr; der Geruch iſt nicht mehr mit dem nach Ammoniak vermiſcht, ſondern höchſt widerwärtig. Manchmal zeigt ſich dabey in dem Rückſtande auch ein Leuchten. Zuletzt bleibt, wenn nicht durch völliges Austrocknen dieſer Fäulniß früher Grenzen geſetzt werden, ein geringer erdiger Rückſtand, der nichts mehr von der organiſchen Structur an ſich hat.

§. 1217. Das Ammoniak, welches ſich hierbey entwickelt und den urinöſen Geruch bildet, und das Effluvium, welches den eigentlich fauligen, höchſt widerwärtigen Geruch erzeugt, ſind als die Producte dieſer Fäulniß anzuſehen. Jenes bildet ſich aus dem Stickſtoffe und dem Waſſerſtoffe des faulenden Stoffes;

letzteres

letzteres liefert zum Theil auch wohl das Waſſer, das dabey zerſetzt wird. Dieſes, das eigentlich faulige Effluvium, wird ohne Zweifel vom Phosphor der faulenden Subſtanz gebildet, der in Verbindung mit Waſſerſtoff, zum Theil auch in Verbindung mit Stickſtoff und Kohlenſtoff, austritt.

§. 1218. Die Gasarten, die ſich in der Luft, worin Körper faulen, zeigen, ſind anfänglich Stickgas, hernach das Ammoniakgas, das den urinöſen Geruch bildet, und phosphorhaltiges und kohlenſtoffhaltiges Waſſerſtoffgas, mit kohlenſaurem Gas vermiſcht. Auch ſchwefelhaltiges Waſſerſtoffgas hat man in der aus faulenden thieriſchen Körpern aufſteigenden Luft angetroffen.

Lavoiſier über die Natur der luftartigen Flüſſigkeiten, welche von einigen thieriſchen Stoffen in der Gährung aufſteigen; in Crells chem. Annal. 1789. B. I. S. 172. ff.

§. 1219. So entweichen alſo in und während dieſer Fäulniß alle Grundſtoffe, bis auf die erdigen, welche die Miſchung der dazu geeigneten Subſtanz ausmachten, und treten theils in andern Verhältniſſen, theils mit dem Wärmeſtoffe, zuſammen; und ſo wird dadurch der vorige Körper ganz zerſtört. Das Waſſer und die Luft, die hierbey Bedingung ſind, werden ohne Zweifel hierbey mit zerſetzt, und ihr Sauerſtoff iſt dabey zugleich mit wirkſam.

§. 1220. Abgehalten wird die Fäulniß durch alles das, was die zu ihrer Entſtehung und ihrem Fortgange nöthigen Bedingungen (§. 1215.) entfernt. Die ſo genannten fäulnißwidrigen Stoffe

(Anti-

(Antiſeptica) wirken auch nur auf dieſe Art, nicht durch eine eigene antiſeptiſche Kraft, die eine vis occulta wäre. Zu den Mitteln, die Fäulniß abzuhalten, gehören: das Austrocknen, der Froſt, das Ueberziehen mit Harzen, Balſam, Wachs, Oehl, und dergl., das Aufbewahren in Weingeiſt, das Einſalzen und Räuchern, deren Wirkung ſich leicht erklären läßt.

John Pringle ſome experiments on ſubſtances reſiſting putrefaction; in den *philoſ. transact.* n. 495. 496. Einige Verſuche mit Materien, welche der Fäulniß widerſtehen, von J. Pringle; im neuen hamb. Magaz. B. X. S. 300 ff. Experimental Eſſays by *Dav. Macbride.* Lond. 1764. 8. Dav. Macbride durch Erfahrungen erläuterte Verſuche über verſchiedene Vorwürfe, a. d. Engl. von Conr. Rahn. Zürich 1766. 8.

§. 1221. 2) Wenn die vorhin (§. 1214.) genannten Subſtanzen, die der eigentlichen Fäulniß fähig ſind, unter Waſſer, alſo vom Zugange der Luft ausgeſchloſſen, liegen, ſo fangen die Erſcheinungen der Fäulniß (§. 1216.) auch ebenfalls an, aber ſie endigen ſich anders. Es entwickeln ſich Gasarten, die, wenn ſie in Höhlungen und im Zellgewebe eingeſchloſſen bleiben, den Körper, wie z. B. Leichname, anſchwellen, ſo daß er ſpecifiſch leichter als Waſſer werden und darin zum Schwimmen gebracht werden kann, bis nach Zerſtörung und allmäliger Auflöſung deſſelben an der Luft das eingeſchloſſene Gas einen Ausweg findet, und der Leichnam dann ſinkt, ohne wieder empor zu kommen. Die Gasarten, die ſich hierbey entwickeln, ſind: Stickgas, und nachher kohlenſtoffhaltiges und phosphorhaltiges Waſſerſtoffgas, nebſt Ammoniak. Wird nun das Waſſer, in wel-

chem

chem, die darin aufgelöſ'ten auszugsartigen Theile in die eigentliche Fäulniß bis zu ihrer Vollendung gehen würden und wirklich gehen, öfters gewechſelt, ſo hört endlich die Fäulniß der rückſtändigen Subſtanz auf, und dieſe zeigt nun die Natur eines **Fettes**, oder iſt zu einer **wallrathähnlichen Materie** geworden. Herr **Gibbes** hat hierüber mehrere Verſuche mit dem Fleiſche von Thieren angeſtellt.

Ueber die Verwandlung des Fleiſches in eine dem Wallrath ſehr ähnliche Subſtanz, von Geo. Smith Gibbes; in Grens neuem Journ. der Phyſ. B. I. S. 126. ff. Ueber die Verwandlung thieriſcher Subſtanzen in eine fettige, dem Wallrath ähnliche, Materie, von Ebendemſelben; ebendaſ. B. III. S. 436. ff.

§. 1222. Es wird hierbey alſo der Stickſtoff und Phosphor der faulenden Subſtanz geſchieden, nebſt etwas Waſſerſtoff und Kohlenſtoff; aber der größeſte Antheil der letztern beyden bleibt zurück und bildet die fettige Subſtanz, die auch noch die organiſche Structur derjenigen zeigt, aus der ſie entſprang. Dieſe Art der Fäulniß iſt alſo von der vorigen zu unterſcheiden, wenn gleich beyde im Anfange mit einander übereinzukommen ſcheinen. Da man durch Maceriren des Fleiſches in ſchwacher Salpeterſäure eine ähnliche fettige Subſtanz daraus erzeugen kann, ſo ſcheint die eben angeführte Miſchungsveränderung dadurch noch mehr beſtätigt zu werden. Uebrigens iſt das Waſſer hierbey nicht weſentlich nothwendig, als in ſo fern es die reſpirabele Luft ausſchließt; und ſo hat man auch bey eingeſcharrten Leichnamen jene Veränderung ihrer weichen Theile in eine wallrathähnliche Materie wahrgenommen, wo die Umſtände und der

Mangel

Mangel mit-eingeſchloſſener atmoſphäriſcher Luft dieſelbe verſtatteten.

Mémoire ſur les differens états des cadavres trouvés dans les fouilles du Cimetière des Innocens en 1786 et 1787. par M. *de Fourcroy*; in den *Annales de chimie*. T. V. S. 154. ff. Deuxième Mémoire; ebendaſ. T. VIII. S. 17. ff.

§. 1223. 3) Pflanzenkörper, welche Eyweißſtoff und Kleber enthalten, können deshalb ähnliche Erſcheinungen, als die oben (§. 1214.) erwähnten thieriſchen Stoffe in ihrer Fäulniß, geben. Der Schleim, der Zuckerſtoff, die weſentlichen ſauern Salze, der ſtärkeartige Theil der Pflanzenkörper, ändern indeſſen das Phänomen ihrer Fäulniß gar ſehr ab, da dieſelben ſelbſt der vorhin erwähnten eigentlichen Fäulniß nicht fähig ſind. Die Producte, die ſich hierbey bilden, ſind von denen der letztern weſentlich verſchieden, wenn die Pflanzenkörper keinen nähern Beſtandtheil enthalten, worin Stickſtoff und Phosphor ſind. Es erzeugt ſich dann nicht der höchſt widerwärtige Geruch der Fäulniß thieriſcher Dinge, und kein Ammoniak; das brennbare Gas, das ſich dabey entwickelt, hat zwar einen unangenehmen Geruch, der aber vom fauligen (§. 1216.) verſchieden iſt; es iſt kohlenſtoffhaltiges Waſſerſtoffgas, wie die Sumpfluft beweiſet. Uebrigens ſind zu der Fäulung der Pflanzenſtoffe dieſelben Bedingungen nöthig, als bey thieriſchen Körpern (§. 1215.).

Aleſſ. Volta lettere al *P. G. Campi* ſull' aria inflammabile nativa della paludi. Como 1776. 8. Briefe über die natürlich entſtehende Sumpfluft, von Hrn. Alex. Volta, a. d. Ital. Winterthur 1778. 8.

§. 1224.

§. 1224. 4) Das **Schimmeln** vegetabiliſcher Stoffe muß als eine eigene Art von Fäulniß derſelben unterſchieden werden. Dazu ſind beſonders der Schleim, der Extractivſtoff der Pflanzen, der ſtärkeartige Theil, und die ſüßen und ſauern Salze derſelben geeignet, wenn ſie im Waſſer aufgelöſ't oder damit verdünnt dem Einfluſſe der reſpirabelen Luft ausgeſetzt werden. Es verliert der im Waſſer aufgelöſ'te Schleim hierbey ſeine Auflöslichkeit, und verwandelt ſich in eine Art von Haut, die nicht mehr im Waſſer auflösbar iſt. Mir iſt es wahrſcheinlich, daß der Sauerſtoff der Luft an dieſer Erſcheinung vorzüglich Antheil habe und durch ſeinen Beytritt zum Kohlen- und Waſſerſtoffe dieſe neue Materie bilden helfe.

§. 1225. 5) Endlich iſt die **Verweſung** noch von der eigentlichen Fäulniß ſo wohl thieriſcher als vegetabiliſcher Körper wohl zu unterſcheiden, was man bisher nicht gehörig gethan hat. Sie erfolgt, wenn die zur Fäulniß nothwendigen Bedingungen, Feuchtigkeit, Wärme und Luft, nur in geringem Grade zugelaſſen werden; und die Erſcheinungen ſo wohl, die ſich dabey zeigen, als die Producte, die ſich bilden, ſind weſentlich von denen der wahren Fäulniß verſchieden. Die Miſchungsveränderung erfolgt weit unmerklicher und langſamer. Dies iſt z. B. der Fall bey Leichnamen, die in die Erde geſcharrt ſind; bey feuchten Pflanzen, die in großen Maſſen zuſammengedrückt liegen, oder auch in die Erde geſcharrt werden. Wenn hierbey viel atmoſphäriſche Luft mit eingeſchloſſen iſt, wie bey Leichnamen in Särgen, oder

noch

noch viel Feuchtigkeit da iſt, ſo kann anfänglich die Periode der wahren Fäulniß eintreten, bis endlich dieſe wegen verminderter rückſtändiger Feuchtigkeit und mangelnden Sauerſtoffgas aufhört, und die bloße Verweſung Statt hat. Feuchtigkeit und Luft, beſonders die erſtere, dürfen indeſſen auch bey der Verweſung, wenn ſie vor ſich gehen ſoll, nicht ganz mangeln, und die Temperatur der Subſtanz ſelbſt darf nicht unter den Gefrierpunct gehen.

§. 1226. Bey dieſer Verweſung treten wegen veränderter Urſachen auch andere Wirkungen ein, als bey der eigentlichen Fäulniß. Die Grundſtoffe der darin begriffenen Körper verbinden ſich in andern Verhältniſſen, als unter mehr verſtattetem Einfluſſe von Waſſer, Wärme und Luft, wobey Fäulniß, gewiſſer Maßen mit Ungeſtüm, eintreten würde. Der Stickſtoff, der bey der Fäulniß mit dem Waſſerſtoffe zuſammen das Ammoniak bildet, tritt bey der Verweſung mit dem Sauerſtoffe zur Salpeterſäure zuſammen, die als das Hauptproduct der Verweſung, beſonders thieriſcher Stoffe, anzuſehen iſt, und bey der eigentlichen Fäulniß derſelben (§. 1214.) ſich nicht erzeugt. Dieſe Salpeterſäure muß ſich aber bey der überhaupt nur allmälig fortſchreitenden Verweſung auch allmälig, und eben deshalb unmerklich, wieder zerſtreuen und verflüchtigen, wenn ſie nicht eine Baſis antrifft, durch die ſie figirt und bis zur Wahrnehmung angehäuft werden kann, und ſo manchmal als Mauerſalpeter oder erdiger Salpeter in zarten Flocken ausſchlägt. Ich will zwar nicht in Abrede

ſeyn, daß der Sauerſtoff der zugleich mit- einwirkenden atmoſphäriſchen Luft zur Bildung dieſer Salpeterſäure beytragen könne; hauptſächlich aber ſcheint mir doch der Sauerſtoff der verweſenden Subſtanz und ihrer Feuchtigkeit ſelbſt dazu beyzutragen. — Ein Antheil des Waſſerſtoffes und der Phosphor werden zwar ebenfalls bey der Verweſung in Gasgeſtalt geſchieden, aber auch nur allmälig; und es iſt daher zwar ein moderiger, aber doch kein eigentlich fauliger Geruch der verweſenden Subſtanzen wahrzunehmen, obgleich übrigens die leuchtenden Erſcheinungen der Luft in Gegenden, wo Verweſung häufig Statt findet, davon herzuleiten ſeyn möchten.

§. 1227. Ein großer Antheil des Waſſerſtoffes, und derjenige Kohlenſtoff, der nicht als kohlenſaures Gas mit dem Sauerſtoffe austreten konnte, bleibt bey der Verweſung mit andern feuerbeſtändigen Grundſtoffen verbunden zurück, und bildet nun das zweyte Hauptproduct dieſer eigenthümlichen Miſchungsveränderung, nämlich die **Dammerde** (Humus).

§. 1228. Dieſe Dammerde iſt keinesweges als eine eigenthümliche Erde, wie man ſonſt wohl glaubte, ſondern als waſſerſtoffhaltiger Kohlenſtoff anzuſehen, der freylich noch mit mehr oder weniger andern erdigen und ſalzigen Theilen verbunden ſeyn kann, nach Beſchaffenheit der Miſchung und Vermengung der verweſenden Subſtanz. Eben dieſes Waſſer- und Kohlenſtoffes wegen, den ſie enthält, macht ſie einen Nahrungsſtoff der darin wachſenden Pflanzen aus,

und

und die fruchtbar machende Kraft des **Düngers** fürs Erdreich beſteht hauptſächlich darin, daß derſelbe durch Verweſung darin zur Dammerde wird, und alſo die Beſtandtheile erſetzt, welche die Pflanzen bey ihrem Wachsthume daraus in ſich nehmen. Uebrigens kann die Dammerde auch nach Beſchaffenheit der mehrern oder mindern Vollendung der Verweſung verſchieden ſeyn; ſo wie die Verweſung einer Subſtanz durch völlige Austrocknung aufgehalten werden kann.

Viertes Hauptſtück.

Electriſche Materie.

Einige vorläufige Thatſachen und Bemerkungen.

§. 1229.

Wenn man eine trockene **Glasröhre**, oder ein Stück **Stangenſchwefel**, oder **Bernſtein**, oder eine Stange **Siegellack** mit einem Stücke trockenen Flanell reibt, ſo findet man, daß leichte und kleine Stückchen Papier, Eiſenfeil, Goldblättchen, kleine Korkkügelchen, u. dergl., von dieſen geriebenen Körpern erſt angezogen, hernach aber wieder zurückgeſtoßen werden. Iſt die **Glasröhre** von hinlänglicher Größe, und lange und ſtark genug gerieben worden, z. B. dadurch, daß ſie durch eine Maſchine ſchnell zum Umdrehen gebracht wird und ſich dabey an einem ledernen Küſſen reiben muß; ſo macht ſie, wenn man das Geſicht etwas nahe daran hält, die Empfindung, als wenn Spinnweben übers Geſicht gezogen würden. Man ſpürt einen ſüßlichen Geruch, faſt wie nach Harnphosphorus; und nähert man ihr den Knöchel eines Fingers, ſo bricht ein leuchtender Funke mit einem Geräuſche hervor, der zu gleicher Zeit in dem Finger ein Stechen verurſacht.

§. 1230.

§. 1230. Dieſe Wirkungen einer noch nicht recht bekannten Urſach nennt man **electriſche Erſcheinungen** (Phaenomena electrica), und den Zuſtand der Körper, worin ſich dieſe Erſcheinungen zeigen, **Electricität** (Electricitas), womit man aber auch manchmal die Urſach ſelbſt, die wir unterdeſſen **electriſche Materie** oder **electriſches Fluidum** nennen wollen, bezeichnet. **Electriſirt** heißt ein Körper, der in den Zuſtand gebracht worden iſt, daß er die angeführten Erſcheinungen zeigt; **electriſch** aber derjenige, welcher dieſes Zuſtandes fähig iſt.

§. 1231. Wenn man den hinlänglich electriſirten Glascylinder oder die Siegellackſtange einem ſtarken metallenen, gehörig abgerundeten und ohne ſtarke Spitzen und Ränder ſeyenden Drahte, der an ſeidenen Schnüren aufgehängt iſt oder auf gläſernen Füßen ruhet, nähert, ſo bricht auch ein Funken hervor, wenn beyde nahe genug kommen, und der Metalldraht zeigt nun electriſche Erſcheinungen, oder iſt electriſirt. Eben ſo wird auch der Metalldrath electriſirt, wenn er ſonſt in unmittelbarer Berührung mit der geriebenen Glasröhre, und den geriebenen Stellen nahe genug iſt.

§. 1232. Nimmt man ſtatt des Metalldraths dazu eine andere Glasröhre, eine Siegellackſtange, oder ein ſeidenes Band, ſo erfolgt kein Funken bey der Annäherung, und dieſe werden nicht electriſirt; ſo wird aber auch der Metalldrath nicht zur Electricität gebracht, wenn er mit den geriebenen Stellen

der

der Glasröhre durch eine hinlänglich lange ſeidene Schnur verbunden iſt.

§. 1233. Ferner zeigt auch der Metalldrath nach dem Ausbruche des Funkens von der geriebenen electriſirten Glasröhre keine Electricität, wenn denſelben eine Perſon in der Hand hält, die auf der Erde ſteht, oder wenn er ſonſt mit der Erde in Berührung iſt, oder in einer Mauer ſteckt.

§. 1234. Wenn eine metallene Röhre auf eine ähnliche Art, wie eine Glasröhre (§. 1229.) gerieben wird, während daß man ſie in der andern Hand hält, ſo giebt ſie keine Spur von den electriſchen Erſcheinungen.

§. 1235. Dieſe Erfahrungen (§. 1231 — 1234.) führen auf die Schlußfolge: daß das *Metall*, die Erde, der Menſch die electriſche Materie, von welcher die electriſchen Erſcheinungen abhängen, **leiten**, oder ſogleich auf ihrer Oberfläche oder durch ihre Subſtanzen weiter verbreiten; die Seide, das Glas, das Siegellack aber dieſelbe **nicht leiten**, oder nicht fortführen, oder nicht durch ſich ſogleich durchlaſſen.

§. 1236. Man hat hiernach alle bekannte Körper in **Leiter** (Conductores) und **Nichtleiter** (non conductores) eingetheilt. Und weil die erſtern durchs Reiben nach der gewöhnlichen Art nicht electriſirt werden können, ſondern wegen ihrer Leitung die durchs Reiben erregte Electricität ſogleich abführen, ſo hat man ſie auch **unelectriſche** (Corpora anelectrica), die

die letztern aber, welche durchs Reiben ſtark und merklich electriſirt werden, **eigentlich-electriſche, an ſich electriſche Körper** (Corpora electrica) genannt.

§. 1237. Allein dieſe Eintheilung in electriſche und unelectriſche Körper iſt nicht ganz genau und richtig; denn es können allerdings auch Metalle für ſich durch Reiben electriſirt werden, wenn man nur die Ableitung der erregten Electricität verhütet. Es laufen auch die Grenzen der ſo genannten electriſchen und unelectriſchen Körper ſo in einander, daß wir weder einen **vollkommen electriſchen Körper**, der die electriſche Materie gar nicht durch ſeine Subſtanz verbreitete, noch einen **vollkommenen Leiter**, in welchem die Electricität auf keine Art erregt werden könnte, kennen. Jeder electriſche Körper iſt vielmehr ein mehr oder weniger unvollſtändiger Leiter, und jeder Leiter ein mehr oder weniger unvollſtändiger electriſcher Körper. Viele electriſche Körper werden unter gewiſſen, oft zufälligen, Umſtänden zu Leitern; und manche Körper ſind eben ſo unvollſtändige Leiter als Nichtleiter. Man nennt dieſe **Halbleiter**, z. B. trockene Marmorplatten, trockenes, nicht gewärmtes Holz.

§. 1238. Um indeſſen doch diejenigen Körper, in welchen, wie z. B. in dem Glaſe, die Electricität leicht und merklich durch Reiben an andern ſchicklichen Körpern erregt werden kann, und welche die erregte Electricität nicht ſogleich fortführen und, es ſey durch ihre Subſtanz oder auf ihrer Oberfläche, nur mit Schwierigkeit verbreiten, von den andern zu unterſchei-

terſcheiden, in denen das Gegentheil geſchieht; ſo mögen die Benennungen der **Nichtleiter** für die erſtern, und der **Leiter** für die letztern dienen, und wir werden dieſelben auch in dieſem Sinne brauchen.

§. 1239. Zu dieſen **Nichtleitern**, oder **electriſchen Körpern**, gehören beſonders: das Glas und die meiſten Verglaſungen, Bergkryſtall, alle Edelſteine, der Turmalin, ruſſiſches Glas; alle Harze, beſonders Copal, Colophonium, Pech, Gummilack; Federharz; die Erdharze: Bernſtein, Asphalt, Steinkohlen; der Schwefel; Wachs; die Seide; trockene Baumwolle; Federn; Wolle; Haare; trockenes Elfenbein; die fetten und ätheriſchen Oehle; gedörrtes und ſehr trockenes Holz; die vollkommenen Metallkalke; und endlich die Luft, wenn ſie nicht feucht iſt.

§. 1240. Zu den **Leitern** müſſen beſonders gerechnet werden: alle reguliniſche Metalle; das Waſſer, der Nebel; der Rauch; alle wäſſerige Säfte der Pflanzen und Thiere und ihre weichen Theile; thieriſche und vegetabiliſche Kohlen; alle Salzauflöſungen; Weingeiſt; Naphtha; feuchtes Holz; feuchte Luft; und vorzüglich unſere Erde. Glühendes Glas iſt ebenfalls ein Leiter, ſo wie auch geſchmolzenes Harz, heiße Luft, ſehr erhitztes gedörrtes Holz, da dieſe Körper ſonſt unter andern Umſtänden Nichtleiter ſind. Auch die Feuerflamme iſt ein Leiter.

§. 1241. Um die Nichtleiter zu **electriſiren**, d. h., ſie in den Zuſtand zu verſetzen, daß ſie die electriſchen Erſcheinungen zeigen, dient vorzüglich das **Reiben**

mit

mit verſchiedenen Materien, von denen wir gleich reden werden; und da ſich die electriſche Materie auf dieſen Nichtleitern nicht ſogleich vertheilt, wie auf den Leitern, ſo zeigen ſie jetzt Electricität. Sie heißen daher auch **urſprünglich-electriſche Körper** (Corpora idioelectrica).

§. 1242. Wenn man aber einen Leiter durch andere Nichtleiter von andern leitenden Materien abſondert, oder, wie man ſagt, **iſolirt**, z. B. dadurch, daß man ihn an ſeidenen Schnüren aufhängt, oder auf Glas, oder auf Harz u. dergl. ſtützt, (wie in dem Verſuche §. 1231.), und dann ſo dem hinlänglich electriſirten Nichtleiter nähert oder damit in Berührung bringt, ſo wird er dadurch ebenfalls electriſirt. Man ſagt in dieſem Falle, die Electricität des Nichtleiters gehe an den Leiter über, oder theile ſich ihm mit; man nennt dieſe Electricität des Leiters eine **mitgetheilte** (Electricitas communicata, derivativa), und unterſcheidet ſie von jener **urſprünglichen** der Nichtleiter (El. originaria). Die Leiter heißen deswegen auch **ſymperielectriſche Körper**.

§. 1243. Da die Nichtleiter die mitgetheilte Electricitat des mit ihnen verbundenen, oder durch ſie iſolirten, Leiters nicht ſogleich abführen, ſo zeigt er jetzt die electriſchen Erſcheinungen. Da die trockene Luft ein Nichtleiter iſt, ſo kann der zu electriſirende Leiter darin iſolirt werden; und wir würden, wenn ſie es nicht wäre, gar keine mitgetheilte Electricität darin hervorbringrn, überhaupt nichts von Electricität wiſſen.

wiſſen. Feuchte und erwärmte Luft aber leitet, und daher gehen bey feuchtem Wetter die electriſchen Verſuche nicht ſo gut von Statten, als bey trockenem; und in Zimmern, worin viele Perſonen ſind, ſchlecht oder gar nicht. Ueberhaupt iſt die atmoſphäriſche Luft, weil ſie nie von leitenden Stoffen frey iſt, ein ziemlich unvollkommener Leiter.

§. 1244. Wenn man einen iſolirten electriſirten Leiter mit einem andern, nicht-iſolirten, Leiter berührt, ſo verliert jener ſeine Electricität ganz und auf einmal; ein urſprünglich-electriſirter Nichtleiter verliert ſeine Electricität nur durch wiederholtes Berühren, und der allmälige Verluſt ſeiner Electricität trifft jedesmal nur die berührte Stelle.

§. 1245. Ein Nichtleiter entzieht dem *iſolirten* electriſirten Leiter wenig oder nichts; und um ihn durch Mittheilung zu electriſiren, muß man ihn an mehrern Stellen berühren, und doch nimmt er die Electricität nur mit Schwierigkeit an.

§. 1246. Die Quantität der mitgetheilten Electricität unter iſolirte Leiter von einerley Materie richtet ſich der Erfahrung zufolge nicht nach ihren Maſſen, ſondern nach ihren Oberflächen und der Ausdehnung in die Länge.

G. C. Bohnenbergers Beyträge zur theoretiſchen und practiſchen Electricitätslehre. St. II. Stuttg. 1793. 8. S. 46. ff.

§. 1247. Das electriſche Fluidum, das einem leitenden Körper mitgetheilt wird, wird lediglich nur

auf

auf der Oberfläche deſſelben verbreitet, ohne in ſein Inneres einzudringen.

Coulomb's Abhandl. über die Electricität; im neuen Journal der Phyſik, B. III, S. 58.

§. 1248. In Anſehung der Quantität des electriſchen Fluidums, welche Leiter von verſchiedener Art aufzunehmen fähig ſind, hat Herr **Coulomb** das merkwürdige Geſetz entdeckt: daß die Vertheilung des electriſchen Fluidums unter Leiter von verſchiedener Art, und übrigens gleicher und ähnlicher Geſtalt, ganz einerley iſt, die Natur dieſer Körper mag ſeyn, wie ſie will. So z. B. tritt eine iſolirte kupferne Kugel genau die Hälfte ihrer Electricität an eine iſolirte Kugel von Hollundermark ab, wenn dieſe von gleichem Durchmeſſer iſt.

Coulomb a. a. O. S. 57. ff.

§. 1249. Durch die Mittheilung werden die iſolirten Leiter electriſirt, nicht nur wenn ſie mit electriſirten Körpern in unmittelbarer Berührung ſind, ſondern auch dann, wenn ſie ihnen auf eine gewiſſe Weite genähert werden. Iſt das genäherte Ende des Leiters ſtumpf, oder abgerundet, ſo entſteht ein **Funken**, wenn er dem electriſirten Körper nahe genug kommt, der nach der verſchiedenen Stärke der Electricität mit einem größern oder geringern Geräuſche oder Knalle ſichtbar hervorbricht. Die Weite, in welcher dies geſchieht, heißt die **Schlagweite**, und ſie iſt, alles Uebrige gleich geſetzt, deſto größer, je ſtärker die Electricität des electriſirten Körpers iſt. Wenn der electriſirte Körper ein Nichtleiter iſt, ſo iſt der

Funken nur ſchwach, und die Schlagweite nicht ſo groß, als bey einem electriſirten, iſolirten Leiter. Iſt in dieſem Falle der Leiter, mit welchem man den Funken herauslockt, iſolirt, ſo vertheilt ſich die Electricität nach Maaßgabe der Oberfläche der Leiter; iſt er aber nicht iſolirt, ſo zeigen beyde nach dem Ausbruche des Funkens keine Electricität weiter.

§. 1250. Wenn das genäherte Ende des Leiters zugeſpitzt iſt, ſo geſchieht der Uebergang der Electricität durch ein Ueberſtrömen, das bey ſchwachen Electricitäten wenigſtens im Dunkeln entweder in Geſtalt eines **Lichtpunctes** oder eines **Feuerbüſchels** erſcheint. Die Weite, in welcher hier der Uebergang der Electricität geſchieht, iſt weit beträchtlicher, als bey der Mittheilung durch Funken, und kann ſich bey ſtarken Electricitäten auf eine ſehr beträchtliche Weite erſtrecken. Bey nicht zu ſchwachen Electricitäten iſt dieſes Ueberſtrömen durch Spitzen mit einem merklichen Geräuſche begleitet.

§. 1251. Eben ſo leicht, als die electriſche Materie in Leiter durch Spitzen derſelben überſtrömt, ſo leicht ſtrömt ſie durch dieſelben auch wieder aus den iſolirten Leitern aus; und ein electriſirter iſolirter Leiter, der mit Spitzen verſehen iſt, verliert ſeine Electricität ſehr bald, und viel früher, als ein abgerundeter.

§. 1252. Bey dem Ausſtrömen der Electricität aus den Spitzen eines iſolirten Leiters nimmt man auch zugleich durchs Gefühl eine Bewegung wahr, wie ein Blaſen, das aber allezeit von der Spitze ausgeht.

§. 1253.

§. 1253. So verhindert auch eine leitende uniſolirte Spitze, die man in der Nähe eines iſolirten Leiters hält, die Anhäufung der dem letztern zugeführten Electricität, und führt dieſe ſchnell und ſtark ab.

§. 1254. Wenn man einen iſolirten Leiter electriſirt, ſo wird die Electricität ſich darauf verbreiten, bis ſie das Maximum ihrer Elaſticität oder Dichtigkeit, oder Intenſität erhalten hat, das der Leiter vermöge ſeiner Capacität erhalten kann. Was nun dem Leiter noch weiter von electriſcher Materie zugeführt wird, theilt ſich nach und nach der ihn umgebenden Luft mit. Die Luft iſt zwar ein Nichtleiter (§. 1239.), aber ein ziemlich unvollkommener. Die umgebende Luft wird alſo auch nach und nach electriſirt, obgleich um deſto langſamer, je trockener ſie iſt, oder je weniger ſie leitet. Dies iſt es aber nicht, was man mit Franklin electriſche Atmoſphäre nennt, und was Aepinus und Wilke mit dem Nahmen der electriſchen Wirkungskreiſe bezeichnen. Dieſe ſind der Raum um den electriſirten Körper herum, in welchem ſich das electriſche Anziehen und Abſtoßen äußert.

Bohnenbergers Beyträge zur theor. und prakt. Electricitätsl. St. I. Stuttg. 1793. S. 82. ff. St. II. S. 135. ff.

Die electriſchen Atmoſphären entſtehen auf andere Art, als durch Mittheilung, nämlich durch Vertheilung der natürlichen electriſchen Materie der Luft, wovon erſt in der Folge das Weitere vorkommen wird.

§. 1255. Wäre die Luft ein vollkommener Nichtleiter, und wären es auch die andern Subſtanzen, die man zum Iſoliren braucht, ſo würde ein electriſirter

ter iſolirter Leiter ſein Maximum der Electricität ungeſchwächt erhalten. Da jenes aber nicht iſt, ſo verliert er ſeine Electricität allmälig. Herr **Coulomb** hat durch ſeine Verſuche gefunden, daß, wenn der Zuſtand der Luft derſelbige bleibt, das Verhältniß der durch ſie verloren gehenden Electricität eines Leiters zur mittlern Intenſität eine beſtändige Größe bleibt. Er hat ferner in Beziehung auf die Verbreitung der Electricität über die iſolirenden Subſtanzen entdeckt, daß zur vollkommnern Iſolirung des Leiters die Längen der iſolirten Träger ſich wie die Quadrate der Intenſität der Electricität des Leiters verhalten müſſen.

Coulomb a. a. O. S. 53. ff. S. 57.

Die Electriſirmaſchine.

§. 1256. Jetzt können wir nun von den bisher angeführten Thatſachen Gebrauch machen, um daraus die Erforderniſſe und Einrichtung der **Electriſirmaſchinen** zu beurtheilen. Die weſentlichen Theile derſelben ſind: 1) der **electriſche Körper**, der **Reiber**, aus einer nicht-leitenden Materie, der durch eine bequeme Vorrichtung zu einer ſchnellen Bewegung gebracht, und vermittelſt deſſen durchs Reiben die Electricität leicht erregt wird; 2) das **Reibzeug** ſelbſt; und 3) der **iſolirte Leiter**, den man auch wohl den **Hauptleiter**, den **erſten Leiter**, oder ſchlechtweg den **Conductor** nennt, und dem die durchs Reiben entwickelte Electricität zugeführt wird. Er iſt deswegen nöthig, daß man aus ihm ſtarke Funken oder ſtarke Ueber-

Uebergänge der Electricität erhalte, weil dieſe aus dem geriebenen Nichtleiter nur allemal ſchwach ſind (§. 1249.).

§. 1257. Da es mancherley Nichtleiter giebt, die zur Erregung der Electricität geſchickt ſind (§. 1239.), ſo hat man auch mehrere davon zu den Reibern der Electriſirmaſchinen vorgeſchlagen und angewendet. Nach der Verſchiedenheit dieſer electriſchen Körper hat man daher **Glasmaſchinen, Zeugmaſchinen**, von wollenem Zeuge, gefirnißtem Taffent, **Harzmaſchinen**, u. a. Das iſt aber wohl ausgemacht, daß die Glasmaſchinen in Anſehung der Bequemlichkeit und Wirkſamkeit vor allen andern den Vorzug verdienen. Grünes und hartes Glas hat Vorzüge vor weißem und weichem Glaſe. In Anſehung der Form, in welcher man das Glas als Reiber anwendet, hat man **Kugelmaſchinen, Sphäroidmaſchinen, Cylindermaſchinen** und **Scheibenmaſchinen**. Die erſtern beyden Arten ſind jetzt mit Recht obſolet geworden, da man dem Reibzeuge die dazu nöthige Krümmung nicht gehörig geben kann; und man iſt bey den beyden letztern Arten, als den vortheilhafteſten und bequemſten, ſtehen geblieben. Wenn man die Zerbrechlichkeit der **Glasſcheiben**, die Unbequemlichkeit bey der Behandlung ihrer Reibzeuge, die Unvollkommenheit der Iſolirung der Reibzeuge dabey, und ihren höhern Preis bedenkt; ſo kann man wohl nicht anſtehen, den **Glascylindern** den Vorzug vor den Scheiben einzuräumen.

Ich kann mich hier nicht in eine Beſchreibung des Details der Einrichtung der verſchiedenen Electriſirmaſchinen und des dazu gehörigen Apparates einlaſſen, ſondern ich verweiſe in dieſer Hinſicht auf folgende Schriften:

Vollſtändige Abhandlung der theoretiſchen und praktiſchen Lehre von der Electricität, nebſt eigenen Verſuchen von Tiberius Cavallo, aus dem Engl., 3te Auflage. Leipzig 1785. 8.

John Cuthbertſons Abhandlung von der Electricität, nebſt einer genauen Beſchreibung der dahin gehörigen Werkzeuge und Verſuche, aus dem Holländ. Leipz. 1786. 8. Dritte Fortſetzung, ebend. 1796. 8.

Verſuch über die Electricität, worin Theorie und Ausübung dieſer Wiſſenſchaft durch eine Menge methodiſch geordneter Experimente erläutert wird, von Geo. Adams, aus dem Engl. Leipz. 1785. 8.

G. C. Bohnenbergers Beſchreibung einiger Electriſirmaſchinen und electriſcher Verſuche. Stuttg. 1783. 8. I.—VI. Fortſetzung, ebendaſ. 1791. 8.

Beſchreibung einer ungemein großen Electriſirmaſchine, und der damit im Teylerſchen Muſeum zu Harlem angeſtellten Verſuche durch Martinus van Marum, aus dem Holländ. Leipz. 1786. 4. Erſte Fortſetzung, a. dem Holl. Leipz. 1788. 4. Die zweyte erſchienene holländiſche und franzöſiſche Fortſetzung: Seconde Continuation des Experiences faites par le moyen de la Machine electrique Teylerienne, par *Mart. van Marum*, à Harlem 1795. 4., iſt noch nicht ins Deutſche überſetzt.

Beſchreibung einer neuen einfachen und vortheilhaften Electriſirmaſchine, vom Hrn. van Marum; in Grens Journ. der Phyſik, B. IV. S. 3. ff.

Beſchreibung einer ſehr vortheilhaft eingerichteten Electriſirmaſchine, von Reiſer; in Voigts Magazin für das Neueſte aus der Phyſik, B. VII. St. 3. S. 73. ff. Weitere Beſchreibung derſelben von M. F. Wild; ebendaſ. St. 4. S. 77. ff.

Verſuche und Beobachtungen über die Electricität, von Hrn. Will. Nicholſon; in Grens Journ. der Phyſik, B. III. S. 49. ff.

Beſchreibung einer neuen ſehr wirkſamen Electriſirmaſchine, von L. C. Lichtenberg; im Magaz. für das Neueſte aus der Phyſik, B. I. St. 1. S. 83. ff.

Beſchreibung einer neuen Electriſirmaſchine, von Herrn G. W. Mundt; im Journ. der Phyſik, B. VII S. 319. ff.

Beſchreibnng einer ſehr wirkſamen Electriſirmaſchine, von Geo. Heinr. Seiferheld. Nürnberg 1787. 8.

§. 1258.

§. 1258. Damit die in dem Glascylinder der Electriſirmaſchine eingeſchloſſene Luft durch ihre Ausdehnung beym Warmwerden des Cylinders nicht zum Zerſpringen deſſelben Gelegenheit gebe, iſt es nöthig, durch ein Loch in einer der Hauben ſeiner Hälſe den freyen Aus- und Eintritt der Luft zu verſtatten. Die innere Seite der Cylinder überzieht man auch vortheilhaft, zur Verhütung des Anhängens der Feuchtigkeit an die innere Glasfläche, mit einem harzigen Ueberzuge. Die eiſerne Achſe muß nicht durch den Cylinder gehen, um dadurch nicht Electricität zu binden, und aus eben dem Grunde finde ich daher es auch nicht tauglich, Cylinder mit eingeſchloſſener verdünnter Luft anzuwenden.

Man behauptet zwar jetzt, daß es beſſer ſey, auf der innern Fläche des Cylinders eine leitende Subſtanz anzubringen, weil dann deſto mehr Electricität auf der äußern Fläche angehäuft werden könnte, wovon die Gründe ſich erſt aus dem weiter unten Folgenden ergeben werden. Allein, wenn gleich dadurch die Capacität der äußern Fläche für Electricität wächſt, ſo nimmt dadurch auch die Intenſität der Electricität ab. Allerdings aber würde es vortheilhaft ſeyn, der Fläche des Reibzeuges gerade gegen über, und nirgends anders, auf der innern Fläche eine leitende Subſtanz anzubringen.

§. 1259. Zum Reibzeuge bey den Glasmaſchinen nahm man ſonſt lederne Küſſen, die man mit Haaren ſtopfte. D. Nooth hat bey den gläſernen Cylindermaſchinen mit mehrerm Vortheile ein dünnes mit Pferdehaaren ausgeſtopftes ſeidenes Küſſen vorgeſchlagen, das mit der einen Seite an ein, nach der Krümmung des Cylinders eingerichtetes, hölzernes Geſtell befeſtigt, und mit einem hieran befeſtigten und mit einem Zinkamalgama und etwas Fett beſtri-

 chenen

chenen Leder nur bedeckt iſt, an deſſen anderm Ende ſich ein Stück Wachstaffent befindet, der einen Theil des Cylinders umgiebt. Um das Küſſen bequem an den Cylinder zu drücken, dienen Stahlfedern, oder noch beſſer ſeidene Schnüre, die an dem andern freyen Ende des Küſſens befeſtigt, über den Cylinder gezogen, und an einem bequemen Orte des Tiſches, worauf die Maſchine ſteht, hinlänglich angeſpannt werden. Bequem iſt es, wenn man das Reibzeug auch iſoliren kann; und dies geſchieht am beſten dadurch, daß man das Bret, worauf das Küſſen ruhet, auf eine hinlänglich ſtarke gläſerne Säule ſetzt, die man auch wohl noch mit Pech oder Siegellack ausgießt und überzieht. Um dieſe Iſolirung aufzuheben, hängt man an das Geſtell des Küſſens einen Metalldraht, der bis auf die Erde reicht.

Cavallo a. a. O. S. 106. f.

Das Zinkamalgama beſteht aus 5 Theilen Zink, und 1 Theil Queckſilber. Man ſchmelzt das erſtere, und gießt dann das Queckſilber dazu, entfernt das Gefäß vom Feuer, und rührt alles wohl um. Von dieſem Amalgama reibt man etwas in einem ſteinernen Mörſer recht fein, und mit etwas Unſchlitt zuſammen, und ſtreicht es auf das Leder auf. So oft das Amalgama auf dem Leder feſt und trocken wird, muß man es entweder aufkratzen, oder neues auftragen.

Eine vortheilhaftere Einrichtung der Reibzeuge für Scheibenmaſchinen beſchreibt Hr. van Marum; in Grens Journ. d. Phyſ. B. II. S. 167. ff. B. VI. S. 70. ff.

§. 1260. Der erſte Leiter oder Conductor der Maſchine (§. 1256.) iſt ein blecherner Cylinder, der an dem einen, dem electriſchen Reiber zugekehrten, Ende mit mehrern Spitzen, dem Zuleiter, verſehen, ſonſt aber, um das Ausſtrömen der Electricität aus

ihm zu verhüten, allenthalben aufs genaueſte abge=rundet und ohne ſcharfe Ecken und Kanten ſeyn muß. Man befeſtigt an dem hintern und äußerſten Ende deſſelben auch wohl noch eine meſſingene Kugel, und überzieht das Uebrige, den Zuleiter ausgenommen, mit Firniß oder Siegellack. Dieſer erſte Leiter muß nothwendig iſolirt ſeyn, wenn er electriſirt werden ſoll, und man ſtellt ihn deswegen mit den unten an ihm befeſtigten metallenen Hauben, die wohl abgerun=det ſeyn müſſen, auf hinlänglich lange und ſtarke Glasfüße, die man auch noch mit einem Firniß über=zieht und mit Pech ausgießt. Nicht ſo ſicher und feſt hängen ihn Manche an ſeidenen Schnüren auf. Große Leiter macht man auch wohl von Holz oder Pappe, die man mit Zinnfolie überzieht.

§. 1261. Außer dieſem erſten Conductor iſt es gut, wenn man noch mit einem zweyten verſehen iſt, den man von der Decke des Zimmers herab an ſeide=nen Schnüren aufhängt, und den man durch eine Kette mit dem leitenden Geſtelle des iſolirten Reib=zeuges in Verbindung ſetzen kann.

§. 1262. Damit die Verſuche mit der Electri=ſirmaſchine gut von Statten gehen, müſſen alle Theile derſelben von Staub und Feuchtigkeit befreyet ſeyn; ſie ſelbſt muß nicht in zu großer Nähe von ableitenden Gegenſtänden, und die Luft muß nicht zu feucht ſeyn.

§. 1263. Wegen der Mittheilung der Electri=cität an die umgebende Luft (§. 1254.), zumal wenn dieſe feucht iſt, wird bey einer ſchwachen Wirkſamkeit

der Maſchine die Anhäufung auf dem Leiter weit geringer ſeyn müſſen, als es bey einer wirkſamern Maſchine auf einem gleich großen Leiter bey übrigens gleichen Umſtänden der Luft und Iſolirung der Fall ſeyn wird. Bey einer ſchnellen und ſtarken Wirkſamkeit der Maſchine kann die in Ueberfluß dem Leiter zugeführte electriſche Materie entweder nach dem Reibzeuge zurückgehen, oder nach andern leitenden Theilen der Maſchine ſichtbar abſtrömen. Uebrigens erhellet aus den vorher angeführten Thatſachen, daß es für die Wirkſamkeit jeder Maſchine ein gewiſſes Maaß der Größe des Leiters geben müſſe, welches das vortheilhafteſte iſt.

Electriſche Erſcheinungen mit der Electriſirmaſchine ohne Verſtärkungsflaſche.

§. 1264. Man hebe die Iſolirung des Reibzeuges auf, man nehme den Conductor von der Maſchine ab, und bringe den Cylinder in Umlauf. Man wird jetzt ſchon in beträchtlicher Entfernung vom letztern die Empfindung erhalten, als wenn Spinnweben übers Geſicht gezogen würden, und der beſondere Geruch wird ſich weit ſtärker verbreiten, als wenn der Conductor der Maſchine daran applicirt iſt. Hält man die Knöchel des Fingers in die Nähe des umlaufenden Cylinders, ſo brechen ohne Unterlaß kniſternde Funken aus ihm hervor, die aber nur kurz und klein ſind.

§. 1265. Man ſetze den Conductor auf ſeine Träger und electriſire, wie vorher. Nähert man jetzt dem electriſirten Conductor den Knöchel des Fingers, oder einen andern gehörig abgerundeten Leiter, ſo bricht ein weit ſtärkerer Funke mit einem ſtärkern Schalle und lebhaftern Lichte hervor. Die Geſchwindigkeit des Ueberganges des Funkens iſt ſo groß, daß man nicht unterſcheiden kann, ob er aus dem Conductor, oder dem ihm genäherten Leiter, oder aus beyden zugleich komme. Der Funken iſt gerade, wenn er nur kurz iſt; bey einer größern Länge hingegen geſchlängelt.

§. 1266. Die Länge und Stärke der gezogenen Funken hängt allerdings von der Wirkſamkeit der Maſchine ab; indeſſen hat doch die electriſche Atmoſphäre und die Geſtalt des genäherten Leiters darauf Einfluß.

Um durch Hülfe einer Nadelſpitze, die man zwiſchen dem Daumen und dem Zeigefinger gehörig faßt, recht lange Funken aus dem Conductor zu ziehen, lehrt Hr. Bohnenberger: Beyträge zur theor. und pract. Electricitätsl. St. IV. Stuttg. 1795. S. 92. ff.

§. 1267. Man hänge einen zweyten Conductor an ſeidenen Schnüren auf, und nähere ihn iſolirt dem erſten electriſirten Conductor, ſo bricht auch zwiſchen beyden ein Funken hervor, und der zweyte Conductor iſt nun electriſirt.

§. 1268. Eben ſo wird der zweyte iſolirte Conductor auch electriſirt, wenn er mit dem erſten electriſirten Conductor durch eine metallene Kette in leitender Verbindung iſt.

§. 1269. Er wird hingegen nicht electriſirt, wenn er durch ein hinlånglich langes ſeidenes Band damit in Verbindung iſt.

§. 1270. Es trete eine Perſon auf einen trocke- nen Harzkuchen, und faſſe eine Kette in die Hand, die mit dem Conductor der Maſchine connectirt. Wird nun electriſirt, ſo zeigt die Perſon die Erſchei- nungen eines electriſirten Conductors.

§. 1271. Man laſſe in der Nachbarſchaft des Conductors ein Korkkůgelchen an einem feuchten Zwirnsfaden herabhången, und electriſire dann. Das Korkkůgelchen mit dem Faden wird ſogleich aus der verticalen Lage gebracht und gegen den Conductor hingezogen, auch ſchon in betråchtlichen Entfer- nungen.

§. 1272. Man befeſtige den feuchten Faden, woran das Korkkůgelchen hångt, unmittelbar an den Conductor, und electriſire. Jetzt wird das Korkků- gelchen ſich gegen jeden ihm genåherten Leiter zu bewe- gen, oder von ihm ſchon in betråchtlicher Entfernung angezogen werden.

§. 1273. Man hånge zwey Korkkůgelchen an einem feuchten Zwirnsfaden unmittelbar an den Con- ductor, ſo daß ſie parallel herabhången, ſo werden ſie beym Electriſiren divergirend aus einander gehen. Eben ſo ſtråuben ſich auch die Haare eines Haarbu- ſches, feine haarförmige Glasfåden, die an dem Conductor der Maſchine hången, divergirend aus einander.

§. 1274.

§. 1274. Ein Korkkügelchen, das an einem ſeidenen Faden hängt, alſo iſolirt iſt, dem electriſirten Conductor genähert, wird davon erſt bis zur Berührung angezogen, dann aber ſogleich abgeſtoßen, und bleibt abgeſtoßen.

§. 1275. Man lege ganz kleine Papierſchnitzelchen oder Sägeſpäne in eine metallene Schaale, die auf dem Conductor ſteht, und electriſire, ſo werden jene ganz weggeſtreuet.

§. 1276. Ein Korkkügelchen, das, an einem ſeidenen Faden hängend, von dem electriſirten Conductor der Maſchine ſtetig abgeſtoßen bleibt (§. 1274.), wird von einem ihm genäherten nicht-iſolirten Leiter angezogen, und nach der Berührung damit wieder vom Conductor, und ſo wechſelſeitig fort; oder es ſpielt zwiſchen beyden bis zur Berührung beſtändig hin und her.

Hierher gehört:
- Die electriſche Spinne.
- Der Tanz der papiernen Puppen.
- Das electriſche Glockenſpiel.

§. 1277. Wenn man eine oder mehrere leitende Spitzen auf den Conductor befeſtigt, ſo wird die Intenſität der ihm mitzutheilenden Electricität dadurch geſchwächt. Man fühlt eine Art von Wind aus den Spitzen, und man ſieht im Dunkeln bey nicht zu ſchwacher Wirkſamkeit der Maſchine an der Spitze einen leuchtenden Feuerbüſchel, deſſen Strahlen von der Spitze ausgehen (§. 1250.)

§. 1278.

§. 1278. Wenn man eine leitende Spitze in die Nachbarſchaft des Conductors hält, ſo wird die Intenſität ſeiner Electricität dadurch ebenfalls ſehr geſchwächt, und man ſieht im Dunkeln an dieſer Spitze einen leuchtenden Punct (§. 1250.).

§. 1279. Wenn man ein dünnes metallenes Kreuz, deſſen Arme zugeſpitzt und mit ihren Enden nach einerley Richtung umgebogen ſind, mit ſeinem ausgehöhlten Mittelpuncte auf eine metallene Spitze legt, die auf dem Conductor ſteht, ſo kommt es bey dem Electriſiren des Conductors in Umlauf, und zwar nach der entgegengeſetzten Richtung ſeiner gebogenen Enden.

§. 1280. Man bringe einen iſolirten zweyten Leiter an den electriſirten Conductor der Maſchine, ertheile ihm Electricität, entferne ihn dann wieder iſolirt davon, und berühre ihn mit einem nicht-iſolirten Leiter, ſo verliert er ſeine Electricität ganz und auf einmal. Er verliert ſie hingegen nicht bey Berührung mit einer Siegellackſtange oder einem Nichtleiter.

§. 1281. Der durch einen nicht-iſolirten Leiter berührte geriebene Glascylinder der Maſchine verliert dadurch ſeine Electricität nicht auf einmal, ſondern zeigt auch nach vielfältigem Berühren noch das Anziehen des Korkkügelchens an einem Zwirnsfaden.

§. 1282. Man ſtelle eine kleine metallene Schaale, mit gehörig abgerundeten Rändern, worein man etwas Vitriolnaphtha gegoſſen hat, auf den Conductor,

tor, und electriſire. So wie man nun aus der Naph⸗tha durch den Finger einen Funken zieht, entzündet ſich dieſelbige. Der Verſuch läßt ſich auch mit er⸗wärmten Alcohol anſtellen.

§. 1283. Auch das Waſſerſtoffgas läßt ſich durch den electriſchen Funken leicht anzünden, wenn es mit Sauerſtoffgas oder atmoſphäriſcher Luft ver⸗miſcht iſt. Hierher gehört die **electriſche Piſtole.**

Entgegengeſetzte Electricitäten.

§. 1284. Man hänge einen Leiter an ſeidenen Schnüren auf, iſolire das Reibzeug der Electriſirma⸗ſchine, verbinde es durch eine Kette mit dem iſolirten Leiter, hebe die Iſolirung des erſten Conductors der Maſchine auf, oder laſſe von ihm einen Metalldraht zur Erde gehen, und electriſire. Jetzt zeigt das Reib⸗zeug und der damit verbundene iſolirte Leiter Electri⸗cität; der erſte Conductor der Maſchine kann aber keine zeigen, da er nicht mehr iſolirt iſt.

§. 1285. Alle vorhin (§§. 1265 — 1283.) be⸗ſchriebene electriſche Verſuche kann man nun an dem Leiter anſtellen, der mit dem iſolirten Reibzeuge in leitender Verbindung iſt.

§. 1286. Wenn man hierbey den erſten Conduc⸗tor der Maſchine auch iſolirt, ſo iſt die Electricität des Reibzeuges ſo wohl, als die des erſten Conductors nur ſchwach.

§. 1287. An ſich betrachtet zeigt ſich die Electri⸗cität des Reibzeuges oder des damit verbundenen iſo⸗

lirten

lirten Leiters von der bisher betrachteten des erſten Conductors der Maſchine nicht verſchieden; allein beym Gegeneinanderhalten beyder Electricitäten offenbaren ſich weſentliche und bemerkenswerthe Unterſchiede, die wir jetzt näher betrachten wollen.

§. 1288. 1) Man verbinde einen Leiter, an ſeidenen Schnüren hängend, durch eine Kette mit dem erſten iſolirten Conductor der Maſchine, während das Reibzeug nicht iſolirt iſt, ſo wird jener Leiter beym Electriſiren die Electricität des Conductors der Maſchine erhalten, und wenn man beyde einander nähert, werden keine Funken überſchlagen. 2) Man verbinde den iſolirten Leiter, ſtatt mit dem Conductor der Maſchine, mit dem Leiter des iſolirten Reibzeuges, hebe die Iſolirung des erſten Conductors der Maſchine wieder auf, und electriſire. Jetzt wird der zweyte Leiter die Electricität des Reibzeuges erhalten, und dem erſten Leiter des Reibzeuges genähert, daraus keinen Funken ziehen. 3) Man iſolire den erſten Conductor der Maſchine und auch das Reibzeug; man verbinde mit letzterm durch eine metallene Kette einen an ſeidenen Schnüren hängenden Leiter, und electriſire. Nähert man nun den Conducor des Reibzeuges dem erſten Conductor der Maſchine, ſo ſchlagen zwiſchen beyden ſtarke Funken.

§. 1289. Zwey iſolirte Leiter alſo, die beyde gleich ſtark mit der Electricität des erſten Conductors der Maſchine verſehen ſind, geben ſich bey ihrer Annäherung

näherung keine Funken. Eben dies iſt der Fall, wenn beyde gleich ſtark die Electricität des Reibzeuges beſitzen. In beyden Fällen behalten ſie auch ihre Electricitäten. Aber ein durch das iſolirte Reibzeug electriſirter iſolirter Leiter und ein durch den Reiber der Maſchine electriſirter iſolirter Leiter geben ſich ſtarke Funken, und beyder Electricitäten hören dann verhältnißmäßig auf.

§. 1290. 2) Wenn man auf dem mit der Electricität des Reibzeuges verſehenen Leiter eine leitende Spitze angebracht hat, ſo ſieht man an derſelben im Dunkeln keinen divergirenden Feuerbüſchel, ſondern bloß einen leuchtenden Punct oder Stern. Wenn man aber dieſem ſo electriſirten Leiter eine leitende Spitze nähert, ſo zeigt ſich an dieſer ein leuchtender Feuerbüſchel. Alſo iſt das Phänomen umgekehrt als das oben (§. 1277. f.) erwähnte. Man kann ſich davon noch mehr überzeugen, wenn man einen an beyden Enden zugeſpitzten Metalldraht vermittelſt eines gläſernen Handgriffes in gehöriger Entfernung zwiſchen dem electriſirten Conductor der Maſchine und dem electriſirten Conductor des Reibzeuges hält.

§. 1291. 3) Man verbinde einen Metalldraht, der an dem einen Ende abgerundet und mit einem gläſernen Handgriffe in der Mitte verſehen iſt, mit dem andern Ende durch eine Kette mit dem erſten Conductor der Maſchine, führe das abgerundete Ende, während des Electriſirens, auf einem recht glatten, trockenen, Harzkuchen umher, und ertheile ſo den

berührten

berührten Stellen deſſelben die Electricität des Conductors. Man beſtreue dann den Harzkuchen dünn mit Bärlappſaamen, ſo bildet dieſer an den electriſirten Stellen ſtrahlige Figuren. Man ertheile dem nachher wieder rein abgewiſchten Harzkuchen an den berührten Stellen die Electricität des Reibzeuges, und es zeigen ſich nach dem Beſtäuben mit Bärlappſaamen runde Flecke ohne Strahlen.

I. C. Lichtenberg de nova methodo, naturam ac motum fluidi electrici inveſtigandi; in den *nov. comment. ſociet. Goetting.* T. VIII. 1777. S. 168.

§. 1292. 4) Ein iſolirter, leicht beweglicher, leitender Körper, z. B. ein Korkkügelchen, das an einem ſeidenen Faden hängt, wird in der Nachbarſchaft des electriſirten Conductors der Maſchine von demſelben angezogen, dann aber wieder abgeſtoßen und bleibt abgeſtoßen (§. 1274.). Aber in dieſem Zuſtande des Abſtoßens wird es von dem electriſirten Conductor des Reibzeuges angezogen. Das von dieſem angezogene Korkkügelchen wird dann wieder abgeſtoßen, und bleibt abgeſtoßen; aber es wird in dieſem Zuſtande des Abſtoßens von dem erſten Conductor der Maſchine angezogen. Alſo, was die Electricität des Conductors und des Reibers der Maſchine abſtößt, das zieht die Electricität des Reibzeuges an, und umgekehrt.

§. 1293. Zwey iſolirte Korkkügelchen, wovon dem einen die Electricität des Conductors der Maſchine, dem andern die Electricität des Reibzeuges mitgetheilt

getheilt worden iſt, ziehen ſich einander an, und ihre Electricitäten hören auf.

§. 1294. Zwiſchen einem durch den Conductor der Maſchine und einem durch das iſolirte Reibzeug electriſirten iſolirten Leiter ſpringen leichte iſolirte leitende Körperchen beſtändig hin und her, und werden wechſelſeitig von dem einen und dem andern angezogen und abgeſtoßen, bis die Electricität beyder Leiter erſchöpft iſt.

§. 1295. Wenn man eine Siegellackſtange durch Reiben mit einem Katzenfelle electriſirt, und ein kleines leichtes Korkkügelchen vermittelſt eines feinen Zwirnsfadens darüber hängt, ſo wird dieſes von einer andern geriebenen Siegellackſtange abgeſtoßen, von einer geriebenen Glasröhre aber angezogen werden. Eben ſo ſtößt auch 5) das iſolirte electriſirte Reibzeug unſerer Maſchine das Korkkügelchen der electriſirten Siegellackſtange ab, der electriſirte Conductor und der geriebene Cylinder zieht es an.

§. 1296. Es hat alſo ganz das Anſehen, als ob es zweyerley Arten der Electricität giebt, die ſich einander entgegengeſetzt ſind, wie poſitive und negative Größen, die ſich einander aufheben, oder vernichten, wenn ſie gleich groß oder ſtark ſind. Es mag nun eine Bewandtniß damit haben, welche es will; ſo müſſen wir hier wenigſtens den Zuſtand der durchs iſolirte Reibzeug oder durch den Reiber electriſirten Körper, d. h., ihre Electritäten, als entgegengeſetzt (Electricitates contrariae) anſehen, und, ohne uns noch

noch um die Urſach zu bekümmern, die Geſetze dieſes verſchiedenen Zuſtandes zu erforſchen uns bemühen.

§. 1297. Schon du Fay bemerkte den Unterſchied der Electricität des geriebenen Glaſes und des Harzes, und unterſchied ſie durch den Namen: **Glaselectricität** und **Harzelectricität**: eine Bezeichnung, die nicht gut gewählt iſt, weil, wie die Folge lehren wird, das Glas und das Harz bald die eine, bald die andere Art der Electricität erhalten kann. **Franklin** führte aus Gründen, die nachher angeführt werden, die Namen: **Plus**= und **Minus**=**Electricität**, jenen für die Electricität des Reibers, dieſen für die Electricität des Reibzeuges der Glasmaſchine, ein, die er auch poſitive und **negative Electricität** nannte. Hr. **Lichtenberg** bezeichnet ſie auf eine bequeme Art durch + E und — E.

Erxlebens Naturlehre von Hrn. Lichtenberg, 5. Aufl. S. 501. f.

§. 1298. Allemal findet man, daß das iſolirte Reibzeug die entgegengeſetzte Electricität des Reibers und Conductors erlangt: — E, wenn dieſe + E haben; + E, wenn dieſe — E erhalten.

§. 1299. Gewöhnlich erhält bey dem Aneinanderreiben zweyer Subſtanzen diejenige, welche am wenigſten leitet oder am meiſten electriſch iſt, + E, die mehr leitende — E. Größere oder geringere Glätte oder Feuchtigkeit ändern aber die Reſultate dieſer Verſuche ſehr ab; und die Verſuche dieſer Art erfordern überhaupt ſehr große Behutſamkeit und Vorſicht.

§. 1300.

§. 1300. Durch Verſuche hat man gefunden: 1) Glattes Glas erhält + E, wenn es mit leitenden oder iſolirenden Subſtanzen gerieben wird, nur mit Katzenbalge gerieben wird es — E. 2) Raubes und matt geſchliffenes Glas wird + E wenn es mit Schwefel, Seide, Wachstaffent, und Metallblättern; — E, wenn es mit wollenen Tüchern, mit polirtem Glaſe, mit Siegellack, mit Papier, oder mit der Hand gerieben wird. 3) Harz und Siegellack bekommt durchs Reiben mit Metall, Schwefel und matt geſchliffenem Glaſe, + E; mit polirtem Glaſe, wollenen Tüchern, weichen Fellen, Papier, — E. 4) Haſenfell erhält mit Metallblättern, Tuch, Seide, Papier, oder mit der Hand gerieben, + E. 5) Weiße Seide wird + E durch Metallblätter, Tuch, ſchwarze Seide; — E durch Papier, durch die Hand, und durch weiche Felle. 6) Schwarze Seide + E an Siegellack, — E an weißer Seide, weichem Felle, Papier, oder an der Hand gerieben. 7) Schwefel wird + E mit Metall; — E mit polirtem und mattem Glaſe, Siegellack, Holz, Papier, Tuch, und mit der Hand gerieben. 8) Metalle werden + E mit Harz; — E mit polirtem Glaſe. Der Unterſchied und die Benennung: Glas ſ und Harzelectricität, für + und — E iſt eben deswegen nicht genau und richtig, weil dieſe Körper bald +, bald — erhalten können.

Eigene Verſuche hierüber haben angeſtellt: Wilſon (Philoſ. transactions, 1760. Vol. LI.); Symmer, (ebendaſ. S. 340.); Cigna (Miſcellanea ſociet. Taurinenſis, 1765. S. 31.); Beccaria (G. *Beccaria* dell' Ellettricismo artificiale, in Turino 1753. 4.); Wilke (de electricitatibus

tibus contrariis, Roſtoch. 1757. 4.); Aepinus (Tentamen theoriae electricitatis et magnetiſmi, auct. *F. V. Aepino*, Petrop. 1759. 4.); Bergmann (Experimenta electrica cum tabulis vitreis ſibi mutuo affrictis inſtituta; in ſeinen *opuſc. phyſ. - chem.* Vol. V. S. 370.; Experimenta electrica cum taeniis ſericis inſtituta; ebendaſ. S. 391.); Lichtenberg (Erxlebens Naturl. 6. Aufl. S. 475. ff.

Geſetze der Electricität.

§. 1301. Ohne uns hier ſchon um die Urſach der Verſchiedenheit der Electricitäten zu bekümmern, können wir doch die Geſetze, die ſie befolgen, näher entwickeln. Dieſe Geſetze ſind einfach, aber fruchtbar an Folgerungen, und gewähren eine leichte Ueberſicht der bis jetzt vorgetragenen und noch anzuführenden Phänomene.

§. 1302. I) **Gleichartige Electricitäten ſtoßen ſich ab.** Ein Körper + E ſtößt einen andern leichten und beweglichen + E ab, und beyde zeigen, gegen einander genähert, keine Funken, wenn ſie verhältnißmäßig gleich viel + E haben, ſondern behalten ihre Electricität. Ein Körper — E ſtößt einen andern, deſſen Electricität auch — E, und mit jener verhältnißmäßig gleich groß iſt, von ſich, unter eben den Erſcheinungen.

§. 1303. Die Kraft, mit welcher ſich gleichnamig- oder gleichartig-electriſirte Körper abſtoßen, verhält ſich umgekehrt, wie das Quadrat ihrer Entfernung. Hr. **Coulomb** hat dies durch directe Erfahrungen bewieſen.

Coulomb a. a. O., im neuen Journal der Phyſ. B. III. S. 51. ff.

§. 1304.

§. 1304. Aus dieſem Abſtoßen gleichnamiger Electricitäten hat man auch Anlaß zu den Electrometern genommen. Die meiſten dienen höchſtens nur, um daraus ungefähr zu beurtheilen, ob eine Electricität ſtärker oder ſchwächer ſey, als eine andere; nicht aber, wie groß ſie eigentlich ſey.

1) Cantons Korkkugelelectrometer.
Philoſ. transact. Vol. XLVIII. P. I. n. 53.

2) Henly's Quadrantenelectrometer.
Philoſ. transact. Vol. LXII. S. 359.

3) Cavallo's Electrometer.
Deſſen vollſtändige Abhandlung von der Electricität, S. 124.

4) Ebendeſſelben Taſchenelectrometer.
a. a. O. S. 294.

5) Eine Abänderung deſſelben, von Adams beſchrieben.
Verſuch über die Electricität, worin Theorie und Ausübung dieſer Wiſſenſchaft durch eine Menge methodiſch geordneter Experimente erläutert werden; von Geo. Adams, aus dem Engl. Leipz. 1788. 8. S. 164.

6) Achards Electrometer.
Abhandlung von der Kraft der Electricität von Fr. Carl Achard; im I. B. der Beſchäft. der Berlin. Geſellſch. naturf. Freunde. S. 53.

7) Sauſſure's Electrometer, beſonders für die atmoſphäriſche Electricität.
Deſſelben Reiſen durch die Alpen, Theil III. Leipzig 1787. §. 791.

8) de Lucs Fundamentalelectrometer.
Deſſelben neue Ideen über die Meteorologie, B. I. §. 397.

9) Bennets ſehr empfindliches Electrometer aus Blattgoldſtreifen.
Grens Journ. der Phyſik, B. I. S. 380.

10) Volta's Strohhalmelectrometer, das er auch vergleichbar gemacht hat, ſo daß es dem Zwecke eines Electrometers entſpricht.
Alex. Volta meteorologiſche Briefe, aus dem Italiän. B. I. Leipz. 1793. 8.

11) Coulombs electriſche Waage, die auf eine ſehr ſinnreiche Art die Stärke der unterſuchten Electricität vergleichbar darſtellt, und ein wahres Electrometer iſt.

Coulomb a. a. O. S. 51.

§. 1305. II) **Ungleichartige Electricitäten ziehen ſich an.** Ein Körper, der + E hat, zieht einen andern, leicht beweglichen, — E an, und umgekehrt, und beyde zeigen nach dem Zuſammentreffen keine Electricität mehr, wenn ſie gleich viel + E oder — E hatten.

§. 1306. Dies giebt uns auch ein Mittel an die Hand, um die entgegengeſetzten Electricitäten ſelbſt zu finden. Hängt man nämlich Korkkügelchen an einem Zwirnsfaden über eine mit einem wollenen Tuche geriebene Siegellackſtange, und ertheilt ihnen dadurch — E, ſo werden ſie von einem + E haltenden Körper angezogen, von einem mit — E verſehenen zurückgeſtoßen werden.

§. 1307. Ein mit + E oder — E verſehener Körper zieht nicht nur denjenigen an, der die der ſeinigen entgegengeſetzte Electricität hat (§. 1305.), ſondern auch einen jeden andern nicht electriſirten, oder deſſen Electricität o iſt. — Dieſe Wirkung der electriſirten Körper auf andere o E oder die entgegengeſetzte Electricität enthaltende geſchieht nach der Stärke ihrer Electricität in einer größern oder geringern Entfernung, und der Raum, durch welchen ſich dieſe Wirkung erſtreckt, nennt man eben den **Wirkungskreis**, oder die **electriſche Atmoſphäre** des electriſirten Körpers (§. 1254.).

§. 1308.

§. 1308. Wenn man dieſemnach einen uniſolirten Leiter, z. B. eine Metallſtange, dem electriſirten Conductor der Maſchine nahe bringt, ſo erhält jener an dem dem Conductor zugekehrten Ende die entgegengeſetzte Electricität des Conductors: + E, wenn dieſer — E hatte, und — E, wenn dieſer + E beſaß; bey der größern Annäherung erhält der Leiter einen Funken, und die Electricität hört ganz auf. Wenn aber der Leiter iſolirt iſt, ſo erhält das von dem electriſirenden Körper abgewendete Ende die gleichnamige Electricität von jenem, und alſo die entgegengeſetzte an dem dem Conductor zugekehrten Ende. Bey der Annäherung nehmen beyde Electricitäten zu, bis der Leiter endlich einen Funken erhält, worauf ſeine Electricität die gleichnamige des electriſirenden Körpers wird.

§. 1309. Wenn man aber dieſen iſolirten Leiter wieder von der Maſchine iſolirt entfernt, ehe er ſo nahe kommt, daß er einen Funken erhält, ſo hört die Electricität, die ſich an ſeinen entgegengeſetzten Enden als entgegengeſetzt zeigte, ſogleich auf, und es iſt alles wieder im natürlichen Zuſtande. Berührt man ihn aber, während daß er in dem Wirkungskreiſe des electriſirenden Körpers iſt, an dem von dieſem abgewandten Ende mit dem Finger, oder ſonſt mit einem leitenden Körper, ſo entſteht ein Funken, und ſeine Electricität hört auf. Entferne ich ihn jetzt zugleich iſolirt von dem electriſirenden Körper, ſo hat er die entgegengeſetzte Electricität des electriſirenden Körpers, oder die gleichnamige des dieſem zugekehrten Endes.

§. 1310. In dieſem Falle entſteht alſo Electricität, ohne daß ſie der electriſirende Körper verlöre, alſo nicht durch Mittheilung (§. 1242.), ſondern durch **Vertheilung** der Electricität. Sie gründet ſich eigentlich auf die vorher angeführten Geſetze der Electricität: daß ungleichartige Electricitäten ſich anziehen, gleichartige ſich abſtoßen (§§. 1302. 1305.), und macht das dritte Geſetz: III) **Jeder electriſirte Körper erregt in denjenigen Körpern die in ſeinen Wirkungskreis kommen, in dieſem Wirkungskreiſe eine der ſeinigen entgegengeſetzte Electricität.**

§. 1311. Wenn der in den Wirkungskreis eines electriſirten Körpers gebrachte ein Nichtleiter iſt, ſo erhält er zwar auch an dem Ende, welches dem electriſirten Körper zugekehrt iſt, die entgegengeſetzte Electricität; allein eben wegen ſeiner nicht-leitenden Eigenſchaft iſt die erregte Electricität nicht ſtark, und erſtreckt ſich nicht weit, und man findet an ihm vielmehr ſchwache abwechſelnde Zonen von entgegengeſetzten Electricitäten.

§. 1312. Dünne Nichtleiter halten dieſe Wirkungen der Vertheilung der Electricität oder der electriſchen Atmoſphäre nicht auf, wohl aber die der Mittheilung.

Theo-

Theorie der entgegengeſetzten Electricitäten.

Franklins Syſtem. Dualiſtiſches Syſtem.

§. 1313. Der Erſte, welcher eine Theorie der bekannten electriſchen Erſcheinungen entwarf, die den bisher vorgetragenen Geſetzen entſprach, und aus der ſie ohne Ausnahme auf eine genugthuende Weiſe abgeleitet werden konnten, war **Franklin**. Die Grundſätze dieſes **Frankliniſchen Syſtems**, die wir nachher auf die vorzüglichſten Phänomene der Electricität anwenden wollen, ſind folgende: 1) Es iſt durch alle Körper eine ſubtile Materie verbreitet, von welcher die electriſchen Erſcheinungen abhängen. 2) Dieſe electriſche Materie iſt ein expanſibeles Fluidum, oder eine ſolche, deren Theile gegen einander Repulſionskraft ausüben. 3) Das electriſche Fluidum wird von den Theilen anderer Körper angezogen, und kann dadurch in den Zuſtand gebracht werden, daß es aufhört, expanſibel zu ſeyn. 4) Jeder Körper kann aber durch ſeine Anziehungskraft zur electriſchen Materie nur eine gewiſſe Menge davon enthalten, wenn ihre Expanſivkraft derſelben darin im Zuſtande des Gleichgewichts ſeyn, und wenn er keine electriſchen Erſcheinungen äußern oder ſeine Electricität o ſeyn ſoll. Dieſen Zuſtand kann man die **Sättigung** des Körpers mit electriſcher Materie nennen; man nennt ihn auch den **natürlichen Zuſtand der Electricität eines Körpers.**

5)

5) Wenn ein Körper eine größere Quantität des electriſchen Fluidums erhält, als ſein natürlicher Zuſtand (4) erfordert, ſo wird er **poſitiv electriſirt**, oder erlangt **Plus-Electricität**. 6) Wenn ihm hingegen von der Quantität der electriſchen Flüſſigkeit, die ſeinem natürlichen Zuſtande angemeſſen iſt, entzogen wird, ſo wird er **negativ-electriſirt**, oder erlangt **Minus-Electricität**. 7) Alle nicht-iſolirte leitende Körper ſind im natürlichen Zuſtande der Electricität. 8) Der poſitive oder negative Zuſtand der Electricität kann nur iſolirten Körpern zukommen. 9) Das electriſche Fluidum kann aus einem Körper in den andern nur dann übergehen, wenn das electriſche Gleichgewicht gehoben iſt und kein Widerſtand eines Nichtleiters den Uebergang hindert. 10) Ein Körper, aus welchem das electriſche Fluidum an einen andern übergehen ſoll, muß in Beziehung auf dieſen Plus-Electricität haben. 11) Aller poſitiv- oder negativ-electriſche Zuſtand der Körper entſteht entweder durch **Uebergang**, oder **Vertheilung** (§. 1310.) des electriſchen Fluidums. 12) Die **electriſche Atmoſphäre der Körper** oder ihr **Wirkungskreis** iſt Luft durch Vertheilung electriſirt.

New experiments and obſervations on electricity, by *Benj. Franklin*. Lond. 1751. 4. verm. 1769. 4. Des Hrn. Benj. Franklins Briefe von der Electricität, aus dem Engl. mit Anm. von J. C. Wilke. Leipz. 1758.

§. 1314. Dieſer Frankliniſchen Theorie ſteht eine andere entgegen, deren erſter Urheber **Rob Symmer** iſt. Nach derſelben giebt es **zwey verſchiedene** electriſche

triſche Materien, wovon, wenn ſie einzeln thätig ſind, die eine den Frankliniſchen poſitiven Zuſtand, die andere aber den negativen zuwege bringt. Der letztere rührt alſo auch von einem poſitiven Weſen her. Jede dieſer reſpectiven electriſchen Materien, (+ E und — E,) iſt eine expanſibele Flüſſigkeit, deren reſpective Theile Repulſionskraft gegen einander ausüben. Sie ſelbſt, die ungleichartigen electriſchen Materien, ziehen ſich unter einander an, und durch ihre Vereinigung in einem Körper heben ſie ſich in ihren Wirkungen gegen einander auf, ſo daß alle ſenſibele Electricität vernichtet iſt. Man ſieht alſo, daß nach dieſer Theorie, die man auch das dualiſtiſche Syſtem nennt, jede der entgegengeſetzten electriſchen Materien nur einzeln für ſich ein expanſibeles Fluidum iſt, daß ſie es aber in ihrer Verbindung nicht mehr ſind. Ein jeder Körper hat im natürlichen Zuſtande, wo er kein Zeichen der Electricität von ſich giebt, beyde electriſche Materien, + E und — E, in ſich vereinigt, und zwar in dem Maaße, daß ſie ſich gegen einander aufheben, und alſo o E machen. Wenn das Gleichgewicht beyder electriſchen Materien durch irgend einen Prozeß aufgehoben wird, ſo wird der Körper electriſirt. Er wird poſitiv electriſirt, wenn ihm freyes + E mitgetheilt oder wenn ihm von ſeinem natürlichen — E entzogen wird. Er erhält die negative Electricität, wenn ihm freyes — E mitgetheilt, oder wenn ihm von ſeinem natürlichen + E entzogen wird. Das freye + E oder — E eines electriſirten Körpers kann aber auch das gebundene gleichnamige eines Körpers

pers abſtoßen, und das ungleichnamige anziehen, ſo daß Electricität durch Vertheilung entſteht.

Symmers oben (§. 1300.) angeführte Abhandlung.

§. 1315. Dieſes dualiſtiſche Syſtem hat zwar viel Anhänger und Liebhaber gefunden, aber es erklärt nicht mehr und nicht leichter, als das Frankliniſche, das ſo wenig ein bekanntes Phänomen unerklärt läßt, als das Symmerſche. In Beziehung auf die oben (§. 19.) gegebene Regel kann man nicht umhin, der Frankliniſchen Theorie den Vorzug zuzugeſtehen. Man braucht nach **Franklin** nur Eine Materie, um den dreyfachen Zuſtand der Körper in Anſehung der Electricität zu erklären; nach dem dualiſtiſchen Syſteme braucht man dazu, nicht zwey, ſondern **drey** Materien: nämlich ein + E, ein — E und ein o E: denn dieſes o E iſt ja eine, aus den beyden andern Materien durch Zuſammenſetzung entſprungene, neue Materie. Was mich aber noch vorzüglich beſtimmt, mich für die Frankliniſche Theorie zu erklären, iſt der Umſtand, daß die vermeinten entgegengeſetzten electriſchen Materien einzeln betrachtet, ſich den Sinnen in ihren Wirkungen gar nicht verſchieden zeigen; (denn die oben (§§. 1290. f.) angeführten Erſcheinungen können doch wohl nicht als ſinnliche Verſchiedenheiten zweyer Materien, ſondern nur als Verſchiedenheiten der Richtung des Stromes Einer Materie gelten,) und daß keine Analogie in der ganzen Naturlehre weder eine ſolche Uebereinſtimmung für alle ſinnliche Wahrnehmung bey zwey ſpecifiſch verſchiedenen Materien darthut, noch einen Fall hat, wo durch die

Ver-

Verbindung zweyer die Sinne afficirenden Materien eine dritte Materie, (das oE der Dualiſten,) entſpringt, welche ſchlechterdings nicht mehr ſinnlich wahrzunehmen iſt. Vergeblich beruft man ſich, um analoge Fälle zu erhalten, auf Phlogiſton und Wärmeſtoff, oder auf Waſſerſtoff und Sauerſtoff, u. dergl. Dieſe Beyſpiele widerlegen geradezu das, was man dadurch beweiſen will. Ich will indeſſen hier die Anwendung beyder Syſteme zur Erklärung der vorzüglichſten, bis jetzt angeführten, electriſchen Erſcheinungen geben.

§. 1316. Durch das Reiben des Glaſes an dem Reibzeuge der Maſchine entſteht poſitive Electricität auf dem Glaſe und negative Electricität im iſolirten Reibzeuge. (Die Unterſuchung über das **Wie** gehört noch nicht hierher.) Nach dem Frankliniſchen Syſteme wird alſo dem Reibzeuge durch das Glas beym Reiben electriſche Materie entzogen und auf der Fläche des Glaſes, wegen der nicht-leitenden Eigenſchaft deſſelben, angehäuft. Wenn das Reibzeug nun iſolirt iſt, ſo kann es ſeinen Mangel der electriſchen Materie nicht erſetzen; es iſt alſo negativ electriſirt. In andern Fällen, wo der reibende electriſche Körper negativ electriſirt wird (§. 1300.), iſt es dieſer, der von ſeiner electriſchen Materie hergiebt, und das Reibzeug empfängt; das alſo in dieſem Falle, wenn es iſolirt iſt, poſitive Electricität zeigt, während jener die negative hat. — Nach dem dualiſtiſchen Syſteme wird durch das Reiben des Glaſes an dem Reibzeuge der Maſchine das + E des letztern

tern frey; das Glas führt wegen ſeiner nicht-leitenden Eigenſchaft dieſes + E nicht gleich durch ſeine Subſtanzen weiter, und zeigt nun die Electricität das + E; das — E des Reibzeuges bindet dieſes + E nicht mehr ganz, und wenn es iſolirt iſt, ſo kann dieſes + E in ihm nicht erſetzt werden, und ſein — E iſt alſo ebenfalls frey. Daher zeigt das Reibzeug nun negative Electricität, während das Glas poſitive hat. Und ſo iſt es auch in den andern Fällen, wenn der reibende electriſche Körper — E aus dem Reibzeuge los macht, dann hat dieſes + E.

Der Wachstaffent, der den Glascylinder zum Theile umgiebt, hat ſeinen Nutzen hauptſächlich darin, daß er durch die entgegengeſetzte Electricität die Intenſität des + E des Glascylinders ſchwächt; dadurch wächſt die Capacität des letztern, und er kann ſolcher Geſtalt mehr + E aus dem Reibzeuge aufnehmen. Beyde entgegengeſetzte Electricitäten des Wachstaffents und des Glaſes binden ſich nur wechſelſeitig, ohne ſich zu ſättigen, welches bey glatten, nicht-leitenden Flächen nicht Statt finden kann. So wie nun der Reiber den Wachstaffent verläßt, ſo wird ſein + E jetzt wieder frey und wird vom Zuleiter eingeſogen. — Man ſieht hieraus auch leicht den Grund ein, warum der Wachstaffent keine Falten und Unebenheiten haben müſſe, wenn ſeine Wirkung ſtark ſeyn ſoll.

§. 1317. Wenn aber das Reibzeug unſerer Electriſirmaſchine durch leitende Materie mit der Erde verbunden iſt, ſo erſetzt es nach Franklin aus dieſer unerſchöpflichen Quelle ſeine abgeführte electriſche Materie ſtetig wieder; es bleibt alſo immer im natürlichen Zuſtande, und kann demnach immer wieder electriſche Materie an das Glas abgeben, wenn dieſe abgeleitet wird. Nach dem dualiſtiſchen Syſteme zieht es aus den leitenden Subſtanzen immer wieder ſo viel + E an, daß ſein — E nicht ſenſibel oder

frey

frey bleibt, und es kann daher immer neues + E an das reibende Glas abgeben, wenn dieſes weiter abgeführt wird.

§. 1318. Jeder electriſirte Körper hat eine größere oder geringere electriſche Atmoſphäre, in welcher ſich das electriſche Anziehen und Abſtoßen äußert. Der negativ-electriſirte Körper hat ſie ſo gut, als der poſitiv-electriſirte. Dieſer electriſche Wirkungskreis entſteht nach dem Frankliniſchen Syſteme lediglich durch Vertheilung der natürlichen electriſchen Materie der Luft. Wird nämlich ein Körper poſitiv electriſirt, ſo wird die abſtoßende Kraft der auf ihm angehäuften electriſchen Materie auch auf die natürliche electriſche Materie der Luft thätig, und bringt dieſe aus ihrem Zuſtande des Gleichgewichts, ſo daß ſie nun ſelbſt Repulſionskraft in ihren Theilen und Anziehungskraft gegen andere Materien um den electriſirten Körper herum äußert, und zwar mit einer abnehmenden Intenſität, die dem oben (§. 1303.) angeführten Geſetze gemäß iſt. Die Luft empfängt hierbey als ein Nichtleiter kein electriſches Fluidum durch Mittheilung von dem electriſirten Körper, als in ſo fern ſie leitende Subſtanz enthält. Wird hingegen der Körper negativ electriſirt, ſo wird auch der natürliche Zuſtand der Electricität der Luft gehoben, ihre natürliche electriſche Materie ſtrebt in den Körper einzudringen, oder wird von dem Körper gezogen, ohne ſich doch, wegen der nicht-leitenden Eigenſchaft der Luft, von derſelben ihm mitzutheilen zu können. Wegen dieſer gegen den negativ-electriſirten Körper ſtrebenden electri-

ſchen

ſchen Materie der Luft ſucht dieſe ſie aus andern Materien anzuziehen, ebenfalls mit einer Intenſität, die ſich umgekehrt verhält wie das Quadrat der Entfernung von dem electriſirten Körper. — Nach dem dualiſtiſchen Syſteme iſt die Erklärung folgende. In dem poſitiv-electriſirten Körper iſt + E thätig; es äußert ſeine abſtoßende Kraft auf das natürliche + E der Luft, und ſeine anziehende auf das natürliche — E derſelben. Es beſchäftigt das letztere, ohne ſich doch damit zu ſättigen, welches die nicht-leitende Eigenſchaft der Luft hindert. Das natürliche, nun ſenſibel gewordene, + E der Luft äußert nun ſeine Thätigkeit, d. i., Repulſionskraft in ſeinen Theilen, und anziehende Kraft gegen das — E anderer Körper. Wenn der Körper negativ electriſirt iſt, ſo iſt alles umgekehrt.

§. 1319. Wenn ein iſolirter leitender Körper dem poſitiv-electriſirten Körper genähert wird, ſo daß er in ſeinen Wirkungskreis kommt, ſo äußert nach Franklins Syſteme die thätig gewordene electriſche Materie der Luft in dieſem Wirkungskreiſe (§. 1318.) ihre abſtoßende Kraft auf das natürliche electriſche Fluidum dieſes Leiters, und ſucht ſich gleichförmig zu verbreiten, ohne doch, wegen der nicht-leitenden Eigenſchaft der Luft, in den Leiter übergehen zu können. Die natürliche electriſche Materie des Leiters wird alſo auch aus dem Gleichgewichte gebracht, oder thätig; ſie häuft ſich alſo in dem entferntern Ende des Leiters mehr an, während ſie in dem genäherten Ende unter ihre natürliche Menge vermindert iſt.

Iſt

Iſt hingegen der Körper negativ electriſirt, ſo ſtrebt die natürliche electriſche Materie des iſolirten Leiters die der Luft, welche gegen den electriſirten Körper hinſtrebt (§. 1318.), zu erſetzen; ſeine natürliche electriſche Materie wird alſo ebenfalls aus dem Gleichgewichte gebracht und thätig, und das entferntere Ende des Leiters wird negativ, das genäherte poſitiv electriſirt. In beyden Fällen entſteht alſo Electricität durch Vertheilung, nicht durch Mittheilung; und es erklärt ſich hieraus ungezwungen das oben (§. 1310.) angeführte dritte Geſetz der entgegengeſetzten Electricitäten. Nach dem dualiſtiſchen Syſteme ſtrebt in dem einen oder andern Falle das thätig gewordene natürliche + E oder — E der Luft in dem Wirkungskreiſe des electriſirten Körpers das natürliche — E oder + E des iſolirten Leiters anzuziehen, und das natürliche + E oder — E deſſelben abzuſtoßen. Es entſteht alſo in dieſem Leiter Electricität durch Vertheilung, nicht durch Mittheilung, und es erklärt ſich darnach der Erfolg des angeführten dritten Geſetzes der Electricitäten.

§. 1320. Wenn man den iſolirten Leiter, ohne ihn mit einem andern Leiter berührt zu haben, wieder aus dem Wirkungskreiſe des electriſirten Körpers entfernt, ſo hört ſeine Electricität wieder auf. Seine auf ihm ungleichförmig vertheilt geweſene natürliche electriſche Materie verbreitet ſich wieder gleichförmig, und da er nichts davon verlohren, nichts dazu empfangen hat, ſo iſt er wieder im natürlichen Zuſtande der Electricität. — Oder bey dem Wiederentfernen des Leiters binden und ſättigen ſich ſein natürliches + E

und

und — E wieder von neuem, und es wird daraus wieder o E.

§. 1321. Wenn der in den Wirkungskreis des electriſirten Körpers gebrachte Leiter nicht iſolirt iſt, ſo entſteht zwar auch in dem genäherten Ende aus den vorhin angeführten Gründen die entgegengeſetzte Electricität, aber in dem entferntern Ende ſetzt ſich alles, wegen der Nichtiſolirung, ins natürliche Gleichgewicht.

§. 1322. Je näher der leitende, iſolirte oder nicht-iſolirte, Körper dem electriſirten kommt, deſto mehr werden, aus leicht einzuſehenden Gründen, die entgegengeſetzten Electricitäten auf einander wirken können, ſo daß endlich die auf dem poſitiv-electriſirten Körper angehäufte electriſche Materie die Luftſchicht durchbricht, und ſich auf beyde Körper nach den Regeln des Gleichgewichts vertheilt. Es entſteht in dieſem Falle ein Funken, und wenn der leitende Körper iſolirt iſt, Electricität durch Mittheilung, durch Abgabe oder Annahme von electriſcher Materie.

§. 1323. Wenn man in den vorher (§. 1319.) angeführten Fällen das entferntere Ende des Leiters mit dem Finger oder einem andern leitenden Körper berührt, während das andere Ende in dem Wirkungskreiſe des electriſirten Körpers iſt, ſo entſteht ein Funken, und die Electricität an dieſem Ende hört auf. Iſt nämlich das berührte Ende poſitiv electriſirt, ſo tritt das electriſche Fluidum von demſelben an den Finger über und ſetzt ſich ins Gleichgewicht. Iſt es hinge-

hingegen negativ, ſo ergießt ſich aus dem berührenden Finger oder Leiter electriſche Materie in daſſelbe, und das Gleichgewicht wird ebenfalls hergeſtellt. Das dem electriſirten Körper genäherte Ende des Leiters behält deſſen ungeachtet die entgegengeſetzte Electricität, weil die Urſachen dazu fortdauern. Entfernt man nun den berührten Leiter aus dem Wirkungskreiſe des electriſirten Körpers, und zwar ſo, daß er iſolirt bleibt, ſo hat er jetzt durchaus die ungleichnamige Electricität des electriſirten Körpers, indem ſich im erſtern Falle die an dem entferntern Ende nur in der natürlichen Doſis deſſelben zurückgebliebene electriſche Flüſſigkeit auch wieder in das vorher negativ geweſene Ende verbreiten muß, folglich nun im ganzen Leiter die electriſche Materie unter den Sättigungspunct vermindert iſt, *alſo* Minus-Electricität macht; im andern Falle hingegen die an dem genäherten Ende über den natürlichen Zuſtand deſſelben angehäufte electriſche Materie ſich jetzt über das andere Ende verbreitet, das ſeine natürliche Quantität ſchon hat, und folglich der Körper im Ganzen Plus-Electricität erlangen muß. — Nach dem dualiſtiſchen Syſteme zieht im erſtern Falle das frey gewordene + E an dem entferntern Ende des Leiters aus dem berührenden Finger — E an, ſättigt ſich damit, es entſteht ein Funken, und es hört alle ſenſibele Electricität an dieſem Ende auf. Entfernt man nun den berührten Leiter iſolirt aus dem Wirkungskreiſe des poſitiv-electriſirten Körpers, ſo hat er, (wegen des — E in dem genäherten Ende,) jetzt — E + E — E, iſt alſo negativ electriſirt. So iſt es nun

auch

auch im andern Falle, wo der electriſirende Körper freyes — E hatte; dann ſättigt ſich das frey gewordene — E des entferntern Endes des Leiters mit + E aus dem ihn berührenden Finger, und nach der Entfernung aus dem Wirkungskreiſe hat der iſolirte Leiter nun + E — E + E, oder iſt poſitiv electriſirt.

§. 1324. Jetzt läßt ſich nun auch leicht nach beyden Syſtemen einſehen: warum die poſitive Electricität des Glascylinders nicht ſo ſtark iſt, wenn der Conductor der Maſchine ihm genähert iſt, als wenn dieſer entfernt iſt; warum der Conductor der Maſchine die ſtärkſte Electricität erhält, wenn das Reibzeug nicht iſolirt iſt; warum die negative Electricität des iſolirten Reibzeuges am größeſten iſt, wenn der Conductor der Maſchine nicht iſolirt iſt; und warum bey übrigens gleichen Umſtänden die Funken ſtärker ſind, zwiſchen einem poſitiv-electriſirten Conductor und einem negativ-electriſirten, als zwiſchen einem electriſirten Conductor überhaupt, und einem nicht-electriſirten Leiter.

§. 1325. Wenn man erwägt, daß jeder electriſirte Körper einen electriſchen Wirkungskreis hat, (§. 1318.); wenn man ſich ferner eine richtige Vorſtellung von der Entſtehung dieſer electriſchen Wirkungskreiſe und der Art und Weiſe ihrer Wirkſamkeit (§. 1319.) macht, und hiermit den Erfolg des dritten Geſetzes der Electricität verbindet: ſo wird man die Erſcheinungen des Anziehens leicht-beweglicher leitender, iſolirter oder nicht-iſolirter, Körper, und das Abſtoßen der erſtern nach der Mittheilung der Electricität,

citåt, dieſe mag poſitiv oder negativ ſeyn, dem Frank-liniſchen Syſteme gemåß ſo leicht erklåren können, als nach der dualiſtiſchen Theorie.

§. 1326. Eben ſo leicht folgt daraus die Erklårung des erſten und zweyten Geſetzes der entgegengeſetzten Electricitåten (§§. 1302. 1305.). Es ſeyen z. B. zwey Korkkůgelchen poſitiv electriſirt, ſo fliehen ſie von einander, weil ſie ihren Ueberfluß der electriſchen Materie an die umgebende Luft abzuſetzen ſtreben. Ein einzelnes ſo electriſirtes Korkkůgelchen wůrde dies nach allen Seiten hin gleichförmig thun; es muß alſo in Ruhe bleiben. Bey zweyen oder mehrern ſich berůhrenden hingegen muß jene Tendenz nach der åußern Seite hin ſtårker ſeyn, als nach der andern, und ſie ſcheinen alſo einander abzuſtoßen. Die Erklårung iſt nicht ſchwieriger, wenn die Korkkůgelchen auch negativ electriſirt ſind. Sie ſtreben dann ihren Mangel der Electricitåt aus der umgebenden Luft zu erſetzen, und ſcheinen ſich alſo abzuſtoßen, da doch eigentlich auch hier die electriſche Atmoſphåre auf ihrer åußern Seite ihre Entfernung bewirkt. Man braucht alſo ſeine Zuflucht gar nicht zu der Luft zwiſchen ihnen zu nehmen, was in dem Falle, da ſie ſich erſt berůhrten, nicht einmal anginge. Bey zwey ungleichnamig electriſirten, iſolirten, leicht beweglichen, leitenden Körperchen, die einander genåhert werden, muß, wie man nun leicht einſieht, das Streben nach der innern Seite zu ſtårker, als nach der åußern Seite der Wirkungskreiſe ſeyn, und ſie můſſen ſich alſo einan-

der nähern, oder den Erfolg des zweyten Geſetzes zeigen.

§. 1327. Das wechſelſeitige Schwingen eines leicht beweglichen iſolirten Leiters zwiſchen einem electriſirten und nicht-electriſirten Körper, oder zwiſchen zwey ungleichnamig electriſirten Leitern, wie der Tanz papierner Puppen, das electriſche Glockenſpiel, bedürfen nun keiner weitern Auseinanderſetzung, ſondern fließen aus dem Angeführten von ſelbſt.

Die verſtärkte Electricität.

§. 1328. Wenn man in ein Zuckerglas, das auswendig und inwendig, bis einige Zoll unter ſeinem Rande, mit Stanniol überzogen iſt, und das auf einem leitenden Tiſche ſteht, von dem Conductor der Maſchine einen Metalldraht bis auf den Boden des Glaſes herabhängt, und dann electriſirt, hierauf aber den äußern Ueberzug des Glaſes mit der einen Hand, den Draht, oder den Conductor der Maſchine, mit welchem der innere Ueberzug noch in leitender Verbindung iſt, mit der andern Hand anfaßt, ſo entſteht nicht allein ein ſehr lebhafter, mit einem Gepraſſel hervorbrechender Funken, ſondert man empfindet auch eine Erſchütterung in den Gelenken beyder Arme. Einen ganz ähnlichen Erfolg hat es, wenn man das Glas nach dem Electriſiren von der Maſchine abnimmt, und dann beyde Ueberzüge zugleich berührt.

§. 1329. Dieſer merkwürdige Verſuch heißt der Kleiſtiſche Verſuch, weil ihn Hr. von Kleiſt zuerſt

(1745.)

(1745.) anſtellte; Cunäus, Allemand und Muſchenbroek machten ihn ebenfalls (1746.), und daher heißt er auch der Leidenſche, oder der Muſchenbroekſche Verſuch. Sonſt wird er wegen ſeiner Wirkung auch der Erſchütterungsverſuch genannt. Die dazu vorgerichtete Flaſche heißt die Leidner, oder die Kleiſtiſche, oder die Erſchütterungsflaſche; und die Electricität, welche ſie hat, die verſtärkte Electricität.

§. 1330. Anfangs nahm man dazu eine gläſerne Flaſche, die man etwa bis zur Hälfte mit Waſſer füllte, und mit einem Korke verſtopfte, durch welchen ein Metalldraht bis ins Waſſer der Flaſche ging. Man electriſirte dieſen Draht durch Mittheilung, während daß man die Flaſche in der Hand hielt, oder in anderes Waſſer etwa zur Hälfte einſetzte, in welches die Perſon, welche den Verſuch anſtellen wollte, einen Draht ſteckte. Man fand nachher, daß jede andere gut leitende Subſtanz die Stelle des Waſſers in der Flaſche vertreten könne, als: Queckſilber, Eiſenfeil, u. dergl., und endlich ſah man ein, daß dazu ein leitender Ueberzug der äußern und innern Fläche des Glaſes bis einige Zoll unter dem Rande deſſelbigen hinreichend ſey, und alles leiſte, und daß es auf die Figur des Glaſes nicht ankomme, ſondern daß auch eine Glastafel ſelbſt dazu vorgerichtet werden könne.

Die electriſirte Weinflaſche.
Das electriſirte Trinkwaſſer.

§. 1331. Dieſer Ueberzug des Glaſes heißt die Belegung (Armatura), und das damit verſehene

Glas die belegte Flaſche oder die belegte Glastafel. Man wählt zu dieſen Belegungen dünne Metallblätter, die aber nicht durchlöchert ſeyn müſſen; gewöhnlich Stanniol, den man mit Hauſenblaſe oder Gummiwaſſer aufklebt. Man muß hervorragende Ränder ſo viel als möglich verhüten, und alles recht ebenen und glatt machen. Der Rand der Flaſche oder der Glastafel muß allemal auf beyden Seiten, bey größern wenigſtens mehrere Zolle, frey und unbelegt bleiben.

Eine vortheilhafte Methode, die Flaſchen zu belegen, lehrt Hr. Bohnenberger; (Beyträge zur theor. u. pract. Electricitätsl. St. IV. S. 151. ff.

§. 1332. Statt des Glaſes kann jeder andere nicht-leitende Körper dienen, wenn er nur nicht zu dick iſt, ſeine beyden gegen einander über liegenden Flächen mit leitender Materie belegt, und die Ränder dieſer Belegung einander nicht zu nahe ſind.

Wenn ein Leiter ſich in dem Wirkungskreiſe eines andern Leiters befindet, ſo iſt dies allerdings als eine Belegung der Luftſchicht dazwiſchen anzuſehen.

§. 1333. Die eine Belegung der Flaſche oder der Glastafel wird am beſten durch Mittheilung electriſirt; die andere Belegung muß aber nicht iſolirt, ſondern mit andern leitenden Materien in Verbindung ſeyn, wenigſtens muß ſie im erſtern Falle zu wiederholten Malen mit einer Subſtanz berührt werden, wenn die von ihr aufzunehmende Electricität ſtark werden ſoll; iſt dieſe andere Belegung ganz iſolirt, ſo wird die Flaſche oder die Glastafel gar nicht geladen werden. Am ſchnellſten geſchieht die Electri-

ſirung

ſirung der Kleiſtiſchen Flaſche dadurch, daß man die eine Belegung mit dem iſolirten Reibzeuge, die andere mit dem Conductor der Maſchine in leitende Verbindung ſetzt.

§. 1334. Die Kleiſtiſche Flaſche oder die Glastafel heißt in dem Zuſtande, daß ſie den Erſchütterungsfunken giebt, **geladen** (Vitrum oneratum), und ihre **Entladung** (exoneratur) geſchieht, wenn man die innere und äußere Belegung durch leitende Materie in Verbindung ſetzt. Wenn ſich mehrere Perſonen zuſammen anfaſſen, und die erſte die äußere Belegung, oder eine daran befeſtigte Kette hält, die letzte aber die innere Belegung oder den damit verbundenen Leiter berührt, ſo bekommen ſie alle die Erſchütterung. Bey einer ſchwachen Ladung der Flaſche, und wenn der Perſonen, die ſich anfaſſen, ſehr viele ſind, (oder der **Erſchütterungskreis** ſehr groß iſt,) und zumal auf feuchtem Boden ſtehen, empfinden aber auch oft nur wenige, die an den beyden Enden ſtehen, die Erſchütterung.

Das Frankliniſche Zaubergemälde, der Hochverrath, und die Verſchwörung.
Die electriſche Thüre.

§. 1335. Die Geſchwindigkeit der Electricität bey dem Entladen der Flaſche iſt erſtaunend groß. — Wenn die leitende Subſtanz, durch welche der Erſchütterungsfunken gehen ſoll, nicht ganz zuſammenhängend iſt, ſondern aus mehrern an einander ſtehenden, ſich nicht berührenden, leitenden, Körpern beſteht, ſo entſtehen zwiſchen dieſer Unterbrechung Funken.

§. 1336.

§. 1336. Wird die Flaſche überladen, ſo entladet ſie ſich auch von ſelbſt über den unbelegten Rand, und manchmal wird dadurch auch das Glas zerſchmettert.

§. 1337. Die Stärke der Ladung hängt bey übrigens gleichen Umſtänden von der Größe der Belegung ab. Die Dicke des Belegs trägt zur Stärke der Ladung nichts bey. Sonſt ändern aber auch zufällige Umſtände die Stärke der Ladung ſehr ab; wie z. B. die mehr oder weniger iſolirende Eigenſchaft des Glaſes, die von ſeiner größern oder geringern Dicke, von ſeiner Reinigkeit, und auch von ſeiner Temperatur abhängt; mehrere oder mindere Trockenheit der Luft, die Continuität der Belegungen, und ihre verſchiedene glatte Oberfläche.

§. 1338. Es giebt zwar allerdings für eine Electriſirmaſchine von beſtimmter Wirkſamkeit ein gewiſſes Maximum der **Dicke** des Glaſes, wenn es nach der Belegung der electriſchen Ladung fähig ſeyn ſoll; es iſt aber auch gewiß, daß zu dünnes Glas nicht diejenige Stärke der Ladung, ohne zerſchmettert zu werden, aushält, die ein dickeres Glas bey übrigens gleichen Umſtänden aushalten kann. Hr. **Bohnenberger** hat ſehr ſchätzbare Erfahrungen über die vortheilhafteſte Dicke der Gläſer und Höhe des unbelegten Randes derſelben mitgetheilt.

J. C. Bohnenberger über die Ladung des dicken Glaſes; in ſeinen Beyträgen zur theoretiſchen u. practiſchen Electricitätslehre. Erſtes St. Stuttg. 1793. S. 1. ff. Zweytes St. 1793. S. 11. ff.

§. 1339.

§. 1339. Bey gleicher Leitungskraft nimmt übrigens der Erſchütterungsfunken in der Entladung allemal den kürzeſten Weg.

Der Auslader.
Cavallo a. a. O. S. 129.
Henly's allgemeiner Auslader.
Cavallo a. a. O. S. 127.

§. 1340. Der leitende Körper, durch welchen der Erſchütterungsfunken oder der Schlag geht, wird nicht electriſirt, wenn er auch iſolirt iſt.

§. 1341. Nach der erſten Entladung zeigt die Flaſche noch einen geringen Erſchütterungsfunken, wenn man beyde Belegungen zuſammen berührt.

§. 1342. Wenn die geladene Flaſche oder belegte Tafel vollkommen iſolirt iſt, ſo zeigt keine Belegung einzeln einen Funken, wenn man ſie berührt. Bey einer trockenen Luft verliert ſie auch in langer Zeit ihre Electricität nicht. Sie behält ſogar ihre Ladung, wenn man die dazu eingerichteten beweglichen Belegungen einzeln durch iſolirte Körper trennt; und zeigt ſie wieder, wenn man dieſe oder andere wieder anbringt, und gehörig durch leitende Mittel in Vereinigung ſetzt. Iſt die äußere Belegung nicht iſolirt, ſo kann man zu wiederholten Malen aus der innern Belegung der geladenen Flaſche Funken ziehen.

§. 1343. Wenn man einen gekrümmten und an beyden Enden zugeſpitzten Draht der innern und äußern Belegung zugleich entgegen hält, ſo wird die Kleiſtiſche geladene Flaſche, oder die belegte Glastafel,

fel, ohne den Erſchütterungsfunken entladen, und vielmehr mit einem ziſchenden Ueberſtrömen. Hat man die Flaſche durch den Conductor der Glasmaſchine geladen, ſo zeigt ſich an der Spitze des Drahtes, die der innern Belegung zugekehrt iſt, ein leuchtender Stern, wie bey der poſitiven Electricität (§. 1278.), an der der äußern Belegung zugekehrten Spitze aber ein Feuerbüſchel, wie bey der negativen Electricität.

§. 1344. Man findet ferner allemal, daß die äußere Belegung der geladenen Kleiſtiſchen Flaſche die entgegengeſetzte Electricität der innern Belegung oder daß ſie die negative hat, wenn die innere die poſitive beſitzt, und umgekehrt. Zwiſchen einem mit der äußern Belegung in leitende Verbindung gebrachten leitenden Körper und einem mit der innern Belegung verbundenen Leiter ſpielt ein leicht beweglicher iſolirter leitender Körper hin und her, und entladet dadurch die Flaſche allmälig.

Auf dieſe Art läutet ein electriſches Glockenſpiel eine beträchtliche Zeit lang.

§. 1345. Wenn man eine Kleiſtiſche Flaſche iſolirt, und ihre äußere Belegung mit der innern Belegung einer andern, die nicht iſolirt iſt, in leitende Verbindung ſetzt, und dann ihre innere Belegung electriſirt, ſo werden beyde Flaſchen geladen, und zwar mit ähnlichen Electricitäten. Auf dieſe Art kann man auch mehrere Flaſchen durch einander laden. Allein man findet, daß jede folgende eine immer ſchwächere Ladung hat, als die vorhergehende.

§. 1346.

§. 1346. Man kann endlich auch mehrere Flaſchen, deren innere Belegungen unter einander in leitender Verbindung ſind, ſo wie ihre äußern, durch den Conductor der Maſchine laden, da dann natürlicher Weiſe bey der Entladung aller dieſer Flaſchen auf einmal auch der Funken, das Geräuſch und der Knall, mit welchem er hervorbricht, und die Kraft, die er äußert, um ſo beträchtlich größer werden, als die Größe der Belegung bey übrigens gleichen Umſtänden zunimmt. Die auf dieſe Art verbundenen Flaſchen machen die ſo genannte **electriſche Batterie** aus.

Eine vortheilhafte Einrichtung, die Flaſchen einer electriſchen Batterie ſo mit einander zu verbinden, daß nicht nur ihre Behandlung ſehr bequem, ſondern auch dem Ausſtrömen der electriſchen Materie möglichſt begegnet iſt, beſchreibt Herr Bohnenberger.

Bohnenbergers Beytr. zur theor. u. pr. Electr. St. I. S. 69. ff.

§. 1347. Zu den auffallendſten Wirkungen der verſtärkten Electricität belegter Flaſchen gehört:

1) Die Entzündung einiger entzündlicher Subſtanzen, wie des Waſſerſtoffgas, des Alcohols, des Aethers, des Colophoniums, der Baumwolle, des Schießpulvers.

2) Das Schmelzen dünner Metalldrähte.

3) Die Tödtung kleiner Thiere, und die Vernichtung aller Reitzfähigkeit in den Theilen, durch welche der hinlänglich ſtarke Funke geht.

4) Die Durchbohrung mehrerer Kartenblätter, mehrerer Bogen Papier, der Eyer, der Glasſcheiben.

§. 1348. Alle dieſe bisher vorgetragenen Wirkungen und Erſcheinungen der Kleiſtiſchen Flaſche, ihre Ladung und Entladung, laſſen ſich aus den oben angeführten Geſetzen der Electricität (§. 1302. 1305. 1310.), und aus dem Satze: daß dünne Nichtleiter die Vertheilung der Electricität nicht, wohl aber ihre Mittheilung und ihren Uebergang, aufhalten (§. 1312.), leicht erklären. Wird nämlich die innere Belegung durch Mittheilung poſitiv electriſirt, ſo bewirkt die darin angehäufte electriſche Materie, vermittelſt ihrer Repulſionskraft, eine electriſche Atmoſphäre im Glaſe das deshalb nicht zu dick ſeyn darf, und die natürliche electriſche Materie der äußern Belegung wird abgeſtoßen. Iſt dieſe äußere Belegung iſolirt, ſo kann das daraus abgeſtoßene electriſche Fluidum nicht abgeführt werden; es wirkt alſo durch ſeine eigene Repulſionskraft auf das der innern Belegung zugeführte electriſche Fluidum zurück, verhindert deſſen Anhäufung daſelbſt, und die Flaſche kann alſo nicht geladen werden (§. 1333.). Jetzt erhellet auch, warum man während des Ladens der iſolirten Flaſche einen Funken erhält, wenn man die äußere Belegung mit einem Leiter berührt, und warum ſo durch öfteres Berühren derſelben die Flaſche geladen werden kann. Iſt die äußere Belegung nicht iſolirt, ſo kann ihre abgeſtoßene natürliche electriſche Materie abgeführt, es kann folglich die der innern Belegung zugeführte daſelbſt angehäuft, und die Flaſche kann geladen werden. So viel electriſche Materie der innern Belegung zugeführt wird, ſo viel wird dadurch aus der äußern Belegung abgeſtoßen. So viel

alſo die innere Belegung einen Ueberſchuß an electri=ſcher Materie empfängt, ſo viel erleidet die äußere dar=an Verluſt. Es folgt hieraus: daß die äußere Bele=gung negativ electriſirt ſeyn muß, während die innere es poſitiv iſt, wie auch die Erfahrung lehrt (§. 1344.); daß man eine Flaſche durch die andere zugleich laden könne (§. 1345.); und daß nach der Ladung die Quan=tität des electriſchen Fluidums in beyden Belegungen nicht größer oder kleiner iſt, als vor der Ladung, wenn anders die Belegungen gleichen leitenden Flächenraum haben, welches keinesweges der Fall iſt, wenn die ge=ladene Flaſche mit ihrer innern Belegung noch mit dem Conductor der Maſchine in leitender Verbin=dung iſt.

§. 1349. Wird die innere Belegung der Flaſche **negativ** electriſirt, ſo wird ihr von ihrer natürlichen electriſchen Materie entzogen. Die natürliche electri=ſche Materie der äußern Belegung ſtrebt dann dieſen Mangel zu erſetzen, und die äußere Belegung zieht alſo von den berührenden Leitern ſo viel electriſche Ma=terie an, als die innere Belegung davon verliert. Die äußere Belegung wird alſo in dieſem Falle po=ſitiv electriſirt, und die abſtoßende Kraft dieſer da=ſelbſt angehäuften electriſchen Materie verſtattet die Entziehung derſelben von der innern Belegung. Iſt die äußere Belegung iſolirt, ſo kann die Flaſche nicht geladen werden, weil die jetzt verſtärkte Anziehung der Materie der äußern Belegung zum electriſchen Fluidum die Entziehung deſſelben von der innern Be=legung hindert.

§. 1350.

§. 1350. Man ſieht alſo, daß nach dem Franklinischen Syſteme in der Erklärung der Ladung der Flaſche alles, wie bey der Erklärung der electriſchen Wirkungskreiſe und ihres Geſetzes (§. 1318. f.), auf abſtoßende und anziehende Kraft zurückgebracht werden kann.

§. 1351. Die auf die eine oder andere Art geladene Flaſche zeigt nun, wenn ſie völlig iſolirt iſt, bey der Berührung ihrer einzelnen Belegungen keine Electricität, weil die anziehende Kraft der negativen Belegung zu der auf der poſitiven Belegung angehäuften electriſchen Materie ſchon durch dieſe ins Gleichgewicht gebracht iſt, und deshalb aus dem berührenden Leiter keine electriſche Materie weiter anzieht; die electriſche Materie auf der poſitiven Belegung durch dieſe Anziehung der negativen Belegung in ihrer abſtoßenden Kraft ebenfalls ins Gleichgewicht gebracht iſt, und ſich alſo keinem berührenden Leiter weiter mittheilen kann. Bringt man aber beyde Belegungen in leitende Verbindung, ſo geht der Ueberſchuß der electriſchen Materie der poſitiven Seite auf die negative Seite gänzlich über, und der natürliche electriſche Zuſtand beyder Belegungen wird wiederhergeſtellt. Muß der electriſche Strom hierbey die Luft durchbrechen oder durch einen Nichtleiter gehen, der ihm nicht Widerſtand genug entgegenſetzen kann, oder kann der Leiter den ganzen Strom nicht faſſen, ſo entſteht Exploſion. Zugleich erhellet hieraus, warum der Durchgang des electriſchen Stroms

durch

durch den iſolirten ausladenden Leiter dieſen nicht electriſirt (§. 1340.).

§. 1352. Nach dem dualiſtiſchen Syſteme läßt ſich die Erklärung der Ladung und Entladung der belegten Flaſche und der begleitenden Phänomene ebenfalls leicht geben. Wird nämlich die innere Belegung durch Mittheilung electriſirt, z. B. + E, ſo ſtößt die dem Glaſe zugeführte Electricität die gleichnamige der äußern Belegung ab und bindet die ungleichnamige oder das — E. Iſt die äußere Belegung iſolirt, ſo kann ſie ihr abgeſtoßenes + E nicht fahren laſſen, und ihr — E wird nicht frey, folglich kann auch die innere Belegung kein + E erhalten, und die Flaſche kann alſo nicht geladen werden (§. 1333.). Berührt man aber die äußere iſolirte Belegung, während daß der innern + E zugeführt wird, mit dem Finger, ſo erhält man einen Funken, indem nun das abgeſtoßene + E ſich mit — E aus dem Finger ſättigen kann. Iſt die äußere Belegung nicht iſolirt, ſo kann dieſes + E ſtets abgeführt und die Flaſche völlig geladen werden. Die geladene Flaſche zeigt nun, wenn ſie völlig iſolirt iſt, bey der Berührung ihrer einzelnen Belegung keine Funken, weil das + E der einen Seite durch das Glas hindurch hindert, daß das — E der andern Seite ſich nicht mit neuem + E aus dem berührenden Leiter ſättigen kann, und auch das — E der einen Seite nicht zuläßt, daß das + E der andern Seite friſches — E ſättige. Bringt man aber beyde Belegungen in leitende Verbindung,

bindung, ſo fällt dieſe Urſach weg, und beyde entgegengeſetzte Electricitäten ſättigen ſich nun durch wirklichen Uebergang, da ſie ſich vorher nur banden, und es entſteht der Erſchütterungsfunken. Zugleich erhellet aber auch hieraus, warum dieſer dem iſolirten Leiter, durch welchen er geht, keine Electricität ertheilt (§. 1340.). Eben ſo läßt ſich auch daraus einſehen, warum man nach §. 1345. eine Flaſche durch die Belegung einer andern electriſiren kann.

§. 1353. Die Electricitäten haften eben ſo gut in der Fläche des Glaſes ſelbſt, ſo wie auf der Belegung, und daher zeigt auch das Glas, von der iſolirten Belegung durch iſolirende Körper getrennt, und mit neuer Belegung verſehen, noch Ladung (§. 1342.), und giebt aus eben dieſem Grunde nach der erſten Entladung noch einen zweyten ſchwächern Erſchütterungsfunken (§. 1341.).

Der Electrophor.

§. 1354. Wenn man einen dünnen, glatten und trockenen Harzkuchen, der in einer metallenen Schüſſel liegt, mit einem Katzenfelle reibt, und dann ein rundes Bret, das mit Stanniol überzogen, und im Durchmeſſer kleiner iſt, als der Kuchen, vermittelſt ſeidener Schnüre auf den geriebenen Kuchen ſetzt, und daſſelbe mit dem Finger berührt, ſo entſteht ein kleiner Funken; und hebt man dann den Kuchen an den ſeidenen Schnüren wieder iſolirt in die Höhe, und berührt

rührt ihn hier wieder, ſo erhält man wieder einen Funken: und dies kann man ſehr lange Zeit immer wiederholen.

§. 1355. Dieſe Vorrichtung heißt ein **Electrophor** oder **beſtändiger Electricitätsträger** (Electrophorus perpetuus), den Hr. **Volta** zuerſt 1775 bekannt machte, Herr **Wilke** aber ſchon 1762 unter einer etwas andern Geſtalt erfunden hat. Die weſentlichen Theile des Electrophors ſind: 1) der **Kuchen**; 2) die **Form**, oder der Teller, oder die Schüſſel; 3) der **Deckel**. Die beyden erſtern zuſammen heißen auch die **Baſis**.

Volta, in den *Scelta di opuscoli intereſſanti*. T. IX. S. 91. und T. X. 37. Lettre de Mr. *Alex. Volta* ſur l'electrophore perpetuelle de ſon invention, in *Rozier obſervations ſur la phyſ.* T. VII. S. 21 ff.

Wilke von den entgegengeſetzten Electricitäten, in den ſchwed. Abh. B. XXIII. S. 271. ff.

Ingenhouſz Anfangsgründe der Electricität, hauptſächlich in Beziehung auf den Electrophor, in ſeinen vermiſchten Schriften, B. I. S. 1. ff.

§. 1356. Der Kuchen des Electrophors kann eine jede nicht-leitende Platte ſeyn, z. B. Glas, Pech, Siegellack, in welchen die Electricität durch Reiben mit ſchicklichen Materien urſprünglich erregt werden kann, nur muß ſie nicht zu dick ſeyn. Am gewöhnlichſten nimmt man dazu harzige Materien, und das gemeine weiße oder ſchwarze Pech oder Colophonium dient recht gut, wenn man es durch etwas zugeſetzten Terpenthin in der Sprödigkeit vermindert hat.

§. 1357.

§. 1357. Man gießt das gleichförmig gefloſſene Harz in die Form, die aus einer leitenden Maſſe beſtehen muß, und aus einer runden entweder metallenen, z. B. meſſingenen, oder auch hölzernen mit Stanniol auf beyden Seiten gehörig belegten Scheibe mit einem aufwärts gebogenen, inwendig $2\frac{1}{2}$ Linie hohen, Rande gemacht wird. Der Rand und die Ecken des Tellers müſſen wohl abgerundet ſeyn. Man gießt ſo viel geſchmolzenes Harz hinein, daß es mit dem Rande gleich hoch ſteht; dieſer aber doch unbedeckt bleibt. Die Oberfläche des Kuchens muß vollkommen glatt, ohne Blaſen und Riſſe, und ohne Vermengung mit leitenden Materien ſeyn, und ſeine untere Fläche muß die obere leitende Fläche der Form oder des Tellers allenthalben genau berühren.

§. 1358. Der Deckel, den man auch wohl wegen der Geſtalt, die ihm einige gaben, die **Trommel**, ſonſt aber auch den **Conductor** nennt, muß 1) aus einer ſtark leitenden Subſtanz beſtehen. Man nimmt dazu entweder eine zinnerne, oder auch eine hölzerne, gehörig abgerundete, und mit Stanniol ganz glatt überlegte, runde Scheibe, deren Durchmeſſer nach der Größe des Kuchens mehrere Zolle kleiner iſt, als der des Kuchens. Um ihn 2) iſolirt auf den Kuchen zu ſetzen oder davon abnehmen zu können, dienen ſeidene Schnüre von hinreichender Länge, die man an ſeinem Rande oder in der Fläche ſelbſt befeſtigt hat; oder auch ein in deſſelben Mitte angekütteter gläſerner Handgriff.

§. 1359. Man erregt die Electricität des Kuchens am beſten, wenn man ihn erſt etwas weniges erwärmt, und dann mit einem trockenen warmen Katzenfelle oder Fuchsſchwanze peitſcht, und zwar wird dieſe Electricität am größeſten, wenn die Form nicht iſolirt iſt. Wenn ſie alſo auf einem mit Wachstuche beſchlagenen, oder ſonſt nicht gut leitenden Tiſche ſteht, ſo muß man noch eine metallene Kette vom Rande der Form herab hängen laſſen.

§. 1360. 1) Wenn man den Deckel auf den geriebenen Harzkuchen vermittelſt der ſeidenen Schnüre aufſetzt, und dann mit dem Finger berührt, ſo erhält man einen kleinen Funken.

§. 1361. 2) Ein mit dem Deckel in leitender Verbindung ſtehendes Electrometer zeigt Electricität, wenn man den Deckel iſolirt auf den Kuchen ſetzt, und hat negative Electricität, wenn der Kuchen negative hatte; immer die gleichnamige des Kuchens.

§. 1362. 3) Nach dem Berühren des iſolirt aufgeſetzten Deckels mit dem Finger zeigt das Electrometer keine Electricität an, und es iſt nach dem Ausbruche des Funkens keine Electricität im Deckel weiter zu ſpüren.

§. 1363. 4) Hebt man den Deckel unberührt und iſolirt wieder in die Höhe, ſo zeigt das Electrometer keine Electricität darin weiter an, wenn der Deckel gehörig weit vom Kuchen entfernt wird, und

giebt keinen Funken bey der Berührung mit dem Finger, den er auf dem Kuchen liegend ſogleich giebt.

§. 1364. 5) Berührt man mit einem Finger die nicht=iſolirte Form des Kuchens, und mit dem andern den iſolirt darauf gelegten Deckel, ſo erhält man einen Erſchütterungsfunken, und dann iſt alles wieder todt.

§. 1365. 6) Wenn man aber den Deckel, der nach dem Berühren auf dem Kuchen keine Electricität weiter zeigt, an den ſeidenen Schnüren in die Höhe zieht, ſo zeigt das Electrometer gleich wieder Electricität. Man erhält beym abermaligen Berühren in der Höhe einen ſtechenden Funken, und zwar ſtärker, wenn man den Deckel vorher nach §. 1364., als nach §. 1360. berührt hat.

§. 1366. 7) Das Electrometer zeigt in dem berührten und iſolirt aufgehobenen Deckel poſitive Electricität, wenn der Kuchen negative hatte; immer die entgegengeſetzte Electricität des Kuchens.

§. 1367. 8) Wenn der Deckel nach dem Berühren auf dem Kuchen iſolirt in die Höhe gehoben, und ohne in der Höhe berührt worden zu ſeyn, wieder auf den Kuchen gelegt wird, ſo bleibt kein Zeichen der Electricität, während daß der Deckel auf dem Kuchen liegt; ſie zeigt ſich aber ſogleich, wenn der Deckel wieder iſolirt in die Höhe gehoben wird.

§. 1368. 9) Wenn die Baſis iſolirt iſt, ſo erhält man einen ſtechenden Funken, wenn man den

auf

auf den Kuchen iſolirt gelegten Deckel berührt, der aber nicht ſo ſtark iſt, als wenn die Baſis nicht iſolirt iſt (§. 1360.), ſonſt aber ebenfalls einen Erſchütterungsfunken, wenn man die Form und den Kuchen zugleich berührt.

§. 1369. 10) Wenn man in dieſen Fällen den Deckel iſolirt in die Höhe hebt, ſo iſt er electriſirt, zugleich iſt es aber auch die Form, und zwar iſt ſie gleichartig mit der Electricität des Kuchens.

§. 1370. 11) Läßt man den in der Höhe berührten Deckel zum andern Male auf die iſolirte Baſis, nachdem man das erſtere Mal Form und Deckel zugleich berührt hatte, ſo iſt bey der zweyten ähnlichen Berührung der Erſchütterungsfunken nur ſchwach, oder gar nicht da.

§. 1371. 12) Wenn man die Baſis, noch ehe man den Kuchen durch Reiben electriſirt hat, iſolirt, den Deckel auflegt, ihn mit dem Finger oder einem andern nicht-iſolirten Leiter berührt, während man die Schüſſel durch eine Electriſirmaſchine poſitiv electriſirt, ſo wird der Electrophor zu allen bis jetzt angeführten Erſcheinungen tüchtig gemacht, als wenn man den Kuchen mit dem Fuchsſchwanze geſchlagen hätte. Man ſieht leicht, daß bey dieſem Verſuche der Electrophor als eine geladene Harztafel angeſehen werden kann.

§. 1372. Man kann den Electrophor als eine Electriſirmaſchine brauchen, und die nöthigſten electri-

ſchen Verſuche mit ihm anſtellen, da die Electricität ſeines Kuchens eine lange Zeit dauert, wenn man ihn vor Feuchtigkeit bewahrt. Man kann mit dem Deckel, wenn man ihn nach dem Berühren und Aufziehen dem Knopfe einer leidner Flaſche nähert, dieſe nach und nach laden, indem man ihre äußere Belegung mit leitender Materie verbindet, oder auch in der Hand hält; auch auf die entgegengeſetzte Art laden, indem man ſie an dem Knopfe faßt, und die Funken aus dem Deckel in ihre äußere Belegung ſchlagen läßt.

§. 1373. Durch eine geladene Flaſche kann man nun auch die Electricität des Electrophors ſelbſt verſtärken; wenn er nämlich mehr negative Electricität haben ſoll, ſo ſtellt man die auf der innern Seite poſitiv geladene Flaſche auf den Kuchen, und führt ſie, indem man ſie bey dem Knopfe faßt, auf dem Kuchen hin und her.

§. 1374. Die Erſcheinungen des Electrophors laſſen ſich ſämmtlich ſehr glücklich aus den electriſchen Wirkungskreiſen erklären und dienen auch zugleich, um die angeführten Geſetze der Electricität ins Licht zu ſetzen. Jeder geriebene Electrophor iſt mit ſeinem darauf liegenden Deckel als eine geladene und belegte leidner Flaſche oder Glastafel anzuſehen, und verhält ſich auch wie dieſe. Wird nämlich der Harzkuchen mit dem Fuchsſchwanze gerieben, ſo wird er negativ electriſirt, d. h., es wird ihm von ſeiner natürlichen electriſchen Materie entzogen; und weil dünne Nicht-

leiter

leiter der Vertheilung der Electricität nicht widerſtehen (§. 1312.), ſo ſtrebt die electriſche Materie der Schüſſel, die als die untere Belegung der Harztafel anzuſehen iſt, dieſen Mangel zu erſetzen, und zieht daher aus den berührenden Leitern verhältnißmäßig ſo viel electriſche Materie an, als die obere Fläche verliert; und es iſt hier alles ſo, wie bey der Ladung einer Flaſche, die auf ihrer innern Seite mit negativer Electricität verſehen wird (§. 1349.). Man ſieht zugleich hieraus, warum die Baſis nicht iſolirt und der Harzkuchen nicht zu dick ſeyn muß. Der geriebene Harzkuchen hat alſo nun auf ſeiner obern Fläche negative Electricität, während die Form die poſitive hat; beyde Electricitäten binden ſich aber wechſelſeitig. Wenn der leitende Deckel iſolirt auf den Kuchen gelegt wird, ſo ſtrebt die natürliche electriſche Materie deſſelben, ſich in den negativ-electriſirten Kuchen zu ergießen, und es entſteht in dem Deckel Electricität durch Vertheilung; die obere Fläche wird negativ, während die untere poſitiv iſt. Iſt die Baſis iſolirt, ſo wird durch die poſitive Electricität der Form die negative der obern Fläche des Kuchens in ihrer Thätigkeit gehemmt, und daher iſt die negative Electricität der obern Fläche des Deckels nur ſchwach. Berührt man aber die iſolirte Form und den aufliegenden Deckel zugleich, ſo kann die Form ihre angehäufte electriſche Materie entlaſſen, die ſich in die obere Fläche des Deckels gleichförmig ergießt; die Anziehung der negativen Fläche des Kuchens kann nun freyer auf die natürliche electriſche Materie des Deckels wirken, und

ſie

ſie nach ſeiner untern Fläche ziehen. Man ſieht nun leicht, warum man in dem angeführten Falle einen Erſchütterungsfunken erhält; man ſieht aber auch, warum man dieſen erhält, wenn die Baſis nicht iſolirt iſt, und dieſe und der Deckel zugleich berührt werden. Wenn man den Deckel auf den geriebenen Kuchen, deſſen Baſis nicht iſolirt iſt, iſolirt gelegt hat, und ihn mit dem Finger berührt, ſo entſteht ein Funken, weil ſich aus dem berührenden Finger electriſche Materie in die negative obere Fläche des Deckels ergießt. Nun iſt alle Electricität wieder vorbey. Hebt man aber jetzt den Deckel iſolirt in die Höhe, ſo iſt er poſitiv electriſirt, weil ſich die auf der untern Fläche vorher angehäufte electriſche Materie über den ganzen Deckel verbreitet, und ſeine obere Fläche ihren Mangel durch Berührung mit dem Fingern ſchon erſetzt hat. Bey dem Wiederauflegen des in der Höhe iſolirt gebliebenen (unberührten) Deckels auf dem Kuchen, muß nothwendig alle poſitive Electricität deſſelben wieder verſchwinden, ſo wie gleicher Maaßen bey dem Aufheben des Deckels von dem Kuchen, der während ſeinem Daraufliegen nicht berührt worden iſt, ſich keine negative Electricität darin äußern kann. — Wenn man den Deckel iſolirt auf den Kuchen gelegt hat, deſſen Schüſſel iſolirt iſt, ſo geht bey gleichzeitiger Berührung des Deckels und der Schüſſel, wie ſchon geſagt iſt, die jetzt thätige natürliche electriſche Materie der Schüſſel in den Deckel über, um den Mangel deſſelben auf der Oberfläche zu erſetzen; und daraus erhellet nun, warum

nach

nach dem Abheben des Deckels auch die Form negativ electriſirt iſt (§. 1369.), und warum der Erfolg des §. 1370. nachher eintritt. Die Ladung des Electrophors auf die §. 1371. angeführte Weiſe bedarf keiner Erklärung, da ſie aus der Ladung der belegten Flaſche und dem (§. 1312.) angeführten Satze folgt. So laſſen ſich alſo alle Erſcheinungen des Electrophors dem Frankliniſchen Syſteme gemäß genugthuend, und aus bloß anziehenden und abſtoßenden Kräften erklären.

§. 1375. Nach dem dualiſtiſchen Syſteme iſt die Erklärung folgende. Wird der Harzkuchen gerieben, ſo wird ſein natürliches — E auf der obern Seite frey, und da dünne Nichtleiter der Vertheilung der Electricität nicht widerſtehen, ſo bindet dieſes — E gleich viel + E auf der andern Fläche des Kuchens, und ſtößt das — E dieſer Seite aus. Iſt die Baſis nicht iſolirt, ſo geht dieſes — E frey aus, oder ſättigt ſich aus den leitenden Körpern mit andern + E. Setzt man den iſolirten Deckel auf den Kuchen, ſo bindet das — E der obern Seite des letztern das + E des Deckels, ſo bald er in ſeinen Wirkungskreis kommt, und das — E des Deckels wird frey und nach der obern Seite zu ausgeſtoßen. Daher zeigt nun der Deckel, während daß er auf dem Kuchen liegt, auf der obern Seite — E. Berührt man ihn hier mit dem Finger, ſo ſättigt ſich dieſes freye — E mit + E aus demſelbigen und es entſteht ein Funken; nun ſcheint aber alles wieder todt. Hebt man aber den Deckel nach dieſem Berühren an ſeinen Schnüren in

die Höhe, ſo wird das + E der untern Seite deſſelben, das vorher durch das — E des Kuchens gebunden war, wieder frey, wenn es außer den Wirkungskreis des Kuchens kommt, und der Deckel hat jetzt eigentlich + E — E + E = + E, iſt alſo poſitiv electriſirt, und giebt beym Berühren mit dem Finger einen Funken, oder ſein freyes + E ſättigt ſich mit — E aus dem Finger. Legt man den Deckel, ohne ihn in der Höhe berührt zu haben, wieder auf den Kuchen, ſo bindet das — E des letztern das + E des erſtern, und es iſt keine Electricität weiter zu ſpüren. Wenn die Baſis iſolirt iſt, ſo kann das + E der Form nicht abgeführt werden. Denn wenn die obere Seite des Kuchens — E hat, ſo bindet dieſes gleich viel + E der untern Seite; dieſes + wirkt aber auch zugleich auf die innere Seite der Form und ſtößt das + derſelbigen ab, und zieht das — E an. Wird der Deckel auf den Kuchen gelegt, ſo kann das nicht ganz freye — E des Kuchens nicht ſo viel + E des Deckels binden, folglich nicht ſo viel — E frey machen, und daher iſt bey der Berührung des Deckels der Funken nur ſchwach. Wenn aber Form und Deckel zugleich berührt werden, ſo iſt der Fall anders, denn nun kann die Form ihr + E ſogleich entlaſſen, und alſo kann das — E des Kuchens nun freyer wirken, und es entſteht der Erſchütterungsfunken, indem ſich das aus der Form abgeführte + E mit dem freyen — E der obern Seite des Deckels ſättigt. — Wenn aber auch die Baſis nicht iſolirt iſt, ſo entſteht doch der Erſchütterungsfunken, wenn man Deckel und Form

zugleich

zugleich berührt, eben weil die Form ihr + E entläßt, indem die obere Seite des Kuchens durch das + E des Deckels beſchäftigt wird.

Der Condenſator, der Collector und der Duplicator der Electricität.

§. 1376. Auf die Lehre von den electriſchen Wirkungskreiſen gründet ſich auch noch der **Condenſator der Electricität**, eine Erfindung des Hrn. **Volta**, und ein ſehr wichtiger Beytrag zum electriſchen Apparate. Er iſt dem Electrophor ähnlich, nur daß er nicht wie dieſer aus einer iſolirenden, ſondern aus einer halbleitenden oder ſchlechtleitenden **Platte** beſteht, auf welche der wohl abgerundete **Deckel** von **Metall** vermittelſt ſeidener Schnüre gelegt wird.

Volta, in den *philoſ. transact.* Vol. LXXII. P. I.

§. 1377. Man macht dieſe Platte aus trocknem und reinem Marmor oder Alabaſter, oder auch aus Holz mit Siegellack oder Firniß ganz dünne überzogen, u. dergl. halbleitender Materie. Der Deckel muß ganz genau an die Platte anſchließen. Man kann auch eine Metallplatte mit Taffent auf ihrer untern Seite überziehen, ſeidene Schnüre daran befeſtigen, und ſie dann ſo ohne untere Platte brauchen, wenn man ſie auf einen Tiſch, Stuhl, Buch, und dergl. legt.

§. 1378. Vermittelſt dieſes Condenſators kann man äußerſt ſchwache Electricitäten, die ſonſt nicht bemerkbar ſeyn, oder welche ſchnell und leicht verſchwin-

ſchwinden würden, merklich machen und ſammeln, und er verdient daher auch den Namen eines **Mikroelectroſkops** oder **Mikroelectrometers**.

§. 1379. Die Wirkung des Condenſators beruhet darauf, daß in einem electriſirten Körper, wenn ein anderer mit ſeiner natürlichen Electricität verſehener Körper in ſeinem Wirkungskreiſe iſt, die Intenſität ſeiner Electricität vermindert, und er folglich fähig wird, mehr Electricität anzunehmen, oder ſeine Capacität vermehrt wird. Dieſe Capacität wird bey der Berührung am größeſten, wenn nur dabey die wirkliche Mittheilung oder der Uebergang der Electricität verhütet wird, welches man erhält, wenn man den Körper ohne alle ſcharfe Ecken und Spitzen ſo glatt als möglich macht.

§. 1380. Wird alſo dem Deckel des Condenſators Electricität zugeführt, z. B. poſitive, ſo bindet die Baſis das electriſche Fluidum mehr, die Intenſität deſſelbigen wird vermindert, und die Capacität des Deckels wächſt, und ſo kann ſich immer mehr und mehr von der zugeführten Electricität ſammeln, die unbemerkbar iſt, ſo lange der Deckel auf der Baſis ruht, aber ſich ſogleich zeigt, wenn man ihn an den ſeidenen Schnüren hinlänglich davon entfernt.

§. 1381. Um hierbey den wirklichen Uebergang der dem Deckel zugeführten Electricität in die Baſis zu verhüten, wählt man eben zur letztern einen unvollkommenen oder **Halbleiter**, der dieſem Uebergange der Electricität ſtark genug widerſteht. Eine

völlig

völlig isolirende oder nicht=leitende Baſis würde nicht dienen, weil ſie der Vertheilung der electriſchen Atmoſphäre zu ſehr widerſteht, und folglich die Capacität des darauf liegenden Deckels nicht vermehrt wird. Ein dünner iſolirter Condenſator iſt daher ebenfalls auch unwirkſam.

§. 1382. Durch den Condenſator hat man entdeckt, daß bey verſchiedenen Zerſtörungen oder neuen Zuſammenſetzungen von Körperarten, wobey Wärmeſtoff wirkſam iſt, ſich Electricität entwickele, als bey der Ausdünſtung des Waſſers, beym Verbrennen der Kohlen, bey der Erzeugung von Waſſerſtoffgas und Salpetergas, bey der Erhitzung des menſchlichen Körpers durch Bewegung, u. dergl. m. Iſt die Electricität eines Körpers, den man unterſucht, ſo ſchwach, daß der Condenſator nur ſchwache Spuren davon zeigt; ſo kann man ſie nach Hrn. **Cavallo** dadurch merklicher machen, daß man ſie von dem größern Deckel an einen zweyten kleinern Condenſator verſetzt, und ſie ſolcher Geſtalt noch mehr condenſirt.

§. 1383. Gegen dieſen Volta'ſchen Condenſator hat Hr. **Cavallo** den freylich gegründeten Entwurf gemacht, daß durch die Operation mit demſelben Electricität urſprünglich erregt, oder die Baſis electrophoriſch werden kann, wodurch dann allerdings die damit erhaltenen Reſultate trügeriſch ausfallen müſſen. Allein Hr. HR. **Lichtenberg** hat dieſen Fehler durch folgende ſinnreiche Einrichtung deſſelben völlig gehoben. Auf eine Metallplatte, wozu die äußere Seite

jedes

jedes flachen zinnernen Tellers gebraucht werden kann, werden 3 Stückchen Scheibenglas, ſo klein als man ſie nur erhalten kann, etwa in der Größe des Buchſtabens o, in einen ungefähr gleichſeitigen Triangel gelegt. Auf dieſe 3 Glaspuncte wird nun der Teller des Condenſators geſetzt, der ſonſt die metallene Unterlage nicht weiter berühren muß. Auf dieſe Art wird bloß eine dünne Luftſchicht zwiſchen zwey Leitern erhalten, und dadurch der Zweck der Einrichtung des Condenſators völlig erreicht, dabey aber der Fehler der gewöhnlichen Einrichtung vermieden. Es iſt gut, die Platten vor jedesmaligem Gebrauch zu erwärmen.

Errlebens Naturlehre, von Hrn. Lichtenberg. 6. Aufl. S. 505. f.

§. 1384. Hiermit kommt auch der vom Hrn. **Cavallo** vorgeſchlagene **Electricitätsſammler** oder **Collector** überein, der im Grunde der Lichtenbergiſche Condenſator mit doppelter Luftſchicht iſt. Er beſteht aus einer Zinnplatte, 13 Zoll lang und 8 Zoll breit, an deren kürzere Seitenränder zwey zinnerne Röhren, die an beyden Enden offen ſind, angelöthet ſind. In ein hölzernes Fußgeſtelle ſind zwey gläſerne, mit Siegellack überzogene, Glasfüße eingeküttet; ihre obern Enden ſind in die untern Oeffnungen der zinnernen Röhren eingeküttet, ſo daß die Zinnplatte durch die Glasröhren vertical getragen wird, und völlig iſolirt iſt. An das hölzerne Bodenſtück, das die Zinnplatte trägt, iſt auf beyden Seiten ein hölzerner Rahmen mit Hülfe eines Charniers befeſtigt, ſo daß dieſe Rahmen entweder mit der Platte parallel geſtellt, oder hori-

zontal

zontal niedergelegt werden können. Ueber die innere Seite dieſer Rahmen iſt von der Mitte ihrer Höhe Goldpapier ausgeſpannt, das noch wirkſamer mit dünnem Stanniol überzogen werden kann. Wenn die Rahmen vertical ſtehen, ſo berühren ſie die Zinnplatte nicht, ſondern ſind etwa ½ Zoll davon ab. Sie ſind auch etwas ſchmäler, als die Zinnplatte, um die zinnernen Röhren nicht zu berühren. Vermittelſt eines oben angebrachten kleinen Brets mit einer Klammer können die Rahmen im verticalen Stande feſt erhalten werden.

Beſchreibung eines neuen electriſchen Inſtruments, um eine zerſtreute und wenig verdichtete Quantität der Electricität zu ſammeln, von Hrn. Tiberius Cavallo; aus den *philoſ. transact.* Vol. LXXVIII. S. 255. überſ. im Journal der Phyſ. B. I. S. 275. ff.

§. 1385. Wenn das Inſtrument gebraucht werden ſoll, ſo ſtellt man es auf einen Tiſch, in ein Fenſter, oder an einen andern bequemen Ort. Man ſtellt ein Flaſchenelectrometer daneben, welches durch einen Eiſendraht mit einer von den zinnernen Röhren in leitender Verbindung iſt. Man veranſtaltet eine andere leitende Verbindung zwiſchen der Zinnplatte und der electriſirten Subſtanz, deren Electricität man in der Zinnplatte ſammeln will. Um z. B. die Electricität des Regens oder der Luft zu ſammeln, ſtellt man das Inſtrument nahe an ein Fenſter, und ſteckt das eine Ende eines langen Drahts in die Oeffnung der zinnernen Röhre, und läßt das andere Ende aus dem Fenſter in die Luft hervortragen. Durch die nahe Nachbarſchaft der leitenden Subſtanz der Rahmen

men wird die Intenſität der der Zinnplatte zugeführten Electricität geſchwächt, folglich die Capacität der Zinnplatte dadurch vermehrt, ohne daß ein wirklicher Uebergang der Electricität aus der Zinnplatte in die leitende Fläche der Rahmen erfolgen könnte. Werden nun die Rahmen horizontal niedergelegt, und ſo von der Zinnplatte entfernt, ſo wird die in der letztern vorher inſenſibel gemachte Electricität jetzt frey, und die Kügelchen des Flaſchenelectrometers divergiren. Durch eine an das letztere genäherte geriebene Siegellackſtange kann dann die Natur der geſammelten Electricität leicht erforſcht werden. — Eine zu ſchwache Electricität kann man dadurch bemerklich machen, daß man ſie aus dem größern Collector an einen kleinern verſetzt.

§. 1386. Der Zweck des **Duplicators** der Electricität, den **Bennet** erfunden, **Cavallo** verbeſſert, und dem **Nicholſon** eine ſehr ſinnreiche, vortheilhaftere Einrichtung gegeben hat, beſteht darin, eine geringe, ſonſt nicht bemerkbare, Quantität der Electricität ſo lange zu vervielfältigen, bis ſie hinreichend wird, ein Electrometer zu afficiren, um ſo ihre Beſchaffenheit zu erforſchen. In Anſehung der Einrichtung des Werkzeuges verweiſe ich auf die unten angezeigten Abhandlungen. Bey dem Gebrauche deſſelben iſt aber dahin zu ſehen, daß das Werkzeug nicht noch Reſte voriger Electricität enthalte, die ſonſt zu falſchen Reſultaten Anlaß geben könnten.

Von den Methoden, die Gegenwart kleiner Quantitäten natürlicher oder künſtlicher Electricität zu entdecken, und ihre

ihre Beſchaffenheit zu erkennen, von Tiber. Cavallo; in Grens Journ. der Phyſ. B. I. S. 49. ff.

Beſchreibung eines neuen electriſchen Inſtruments, welches den doppelten Zuſtand der Electricität hervorbringt, von Nicholſon; ebendaſ. B. II. S. 61. ff.

Einige Erſcheinungen der Electricität im luftleeren Raume.

§. 1387. Die Electricität läßt ſich auch im luftleeren Raume erregen, und eine kleine Electriſirmaſchine unter der Glocke der Luftpumpe angebracht, liefert electriſche Erſcheinungen.

§. 1388. Die verdünnte Luft iſolirt aber nicht mehr, ſondern leitet ſehr ſtark, und das electriſche Licht breitet ſich darin ungemein weit aus, und giebt im Dunkeln einen ſehr hellen Glanz. Wenn man daher eine gläſerne Kugel, die von Luft leer gepumpt iſt, zum Reiber der Maſchine nimmt, ſo erſcheint ſie im Dunkeln ganz mit Licht erfüllt. Das **Leuchten der Barometer** iſt ebenfalls daher zu leiten.

Die electriſche Schlange.

§. 1389. Wenn man eine gläſerne Glocke, die oben mit einem metallenen Knopfe verſehen iſt, der mit mehrern Spitzen in die Glocke hinabſteigt, auf einem beweglichen Teller der Luftpumpe luftdicht aufküttet, dann die Luft darin verdünnt, und im Dunkeln einen Funken in den Knopf der Glocke ſchlagen läßt, ſo breitet ſich das electriſche Licht in den ganzen Raum der Klocke aus. Dieſes electriſche Licht zeigt ſich auch, wenn man die Wand der Glocke an den Knopf des electriſirten Conductors der Maſchine hält, und

zwar

zwar entſtehen anfangs helle Blitze, bis zuletzet alles mit Licht erfüllt iſt.

Adams Verſ. über die Electricität. S. 182. ff.

Einige beſondere Arten der Electricität.

§. 1390. An dem **Turmalin**, einer Schörlart, hat man ſchon ſeit geraumer Zeit die Eigenſchaft entdeckt, daß er, wenn er erwärmt oder auch abgekühlt wird, Electricität erhält, und zwar entgegengeſetzte Electricitäten an entgegengeſetzten Enden. Die Electricität äußert ſich nach der Richtung ſeiner Achſe, die durch die beyden Enden des Kryſtalles geht, ſo daß dieſe die entgegengeſetzte Electricität haben. Durch Reiben mit ſchicklichen Materien erhält er die Electricität, wie andere Nichtleiter. Sonſt hat man die Eigenſchaft, durch bloße Erwärmung, ohne Reiben, electriſirt zu werden, noch an dem **braſilianiſchen Topas**, am **kryſtalliſirten Galmey**, und am **Boracit** wahrgenommen.

Ich theile hier die Eigenſchaften des Turmalins in Abſicht auf die Electricität nach Hrn. Cavallo (vollſtändige Abhandl. der Lehre von der Electricität, S. 26. ff.) mit:

1) So lange der Turmalin in einerley Grade der Wärme erhalten wird, zeigt er keine Merkmale der Electricität. Er wird aber electriſirt, wenn man ihn erwärmt oder erkältet, und zwar in dem letztern Falle noch ſtärker, als in dem erſten.

2) Die Electricität zeigt ſich nicht auf ſeiner ganzen Oberfläche, ſondern nur in der Gegend zweyer entgegengeſetzten Puncte, die man ſeine Pole nennen kann, welche allezeit in gerader Linie mit dem Mittelpuncte des Steines und nach der Richtung ſeiner Blätter liegen; nach welcher Richtung er vollkommen undurchſichtig iſt, ob er gleich nach der andern Richtung halbdurchſichtig erſcheint.

3) Während der Zeit, da der Turmalin erwärmt wird, hat der eine Pol A von ihm + E, der andere Pol B — E.

Wird

Wird er aber erkältet, ſo hat während der Zeit des Erkältens A — E, und B + E. Wird der eine Pol mehr erwärmt, indem der andere mehr erkaltet, ſo kann es kommen, daß beyde Pole + E oder — E haben.

4) Wird er erwärmt, und nachher wieder abgekühlt, ohne daß eine ſeiner Seiten berührt wird, ſo hat A + E, B — E, die ganze Zeit der Erwärmung und Abkühlung hindurch.

5) Wenn der Turmalin auf einem iſolirten Körper erwärmt oder erkältet wird, ſo wird dieſer Körper eben ſo wohl, als der Stein, electriſirt, und erhält die entgegengeſetzte Electricität von derjenigen, die ſich in der darauf ruhenden Seite des Steins befindet.

6) Die Electricität einer jeden oder beyder Seiten kann ſich in die entgegengeſetzte verwandeln, wenn der Turmalin beym Erwärmen oder Erkälten verſchiedene Subſtanzen berührt.

7) Wird der Turmalin in verſchiedene Stücke zerſchnitten, ſo hat jedes Stück ſeinen poſitiven und negativen Pol, einen jeden nach der poſitiven oder negativen Seite des Steins zu, aus welchem man das Stück geſchnitten hat.

8) Dieſe Eigenſchaften des Turmalins zeigen ſich auch im luftleeren Raume, aber nicht ſo ſtark, als an der Luft.

9) Canton hat an einem im Dunkeln erwärmten Turmalin während der Erwärmung ein ſehr lebhaftes Licht wahrgenommen.

Experiments on the Turmalin, by Mr. *Benj. Wilſon*; in den *philoſ. transact.* Vol. LI. P. I. S. 308. Recueil de differens mémoires ſur la Tourmaline, publié par Mr. *Franc. Ulr. Theod. Aepinus*, à Petersbourg 1762. 8. Wilke Geſchichte des Turmalins; in den ſchwed. Abhandl. B. XXVIII. S. 95 ff. B. XXX. S. 1 ff. und 105. ff. *Torb. Bergman* de vi electrica Turmalini; in ſeinen *opuſc. phyſic.-chem.* Vol. V. S. 402. ff.

Die Electricität des Boracits hat Herr Haüy entdeckt. Er hat ſeine Verſuche mit ſolchen Würfeln gemacht, wovon 4 Ecken ſo abgeſtumpft ſind, daß jede Abſtumpfungsfläche einer nicht abgeſtumpften Ecke gegen über ſteht, und wovon auch die zwölf Kanten des Würfels abgeſtumpft ſind. Man kann in dieſen Kryſtallen des Boracits vier verſchiedene Achſen annehmen, die eine ähnliche Lage haben, und wovon jede durch eine nicht-abgeſtumpfte Ecke des Würfels und durch die Mitte der Abſtumpfungsfläche der gegen über ſtehenden abgeſtumpften Ecke geht. Die electriſchen Kräfte äußern ſich in den Richtungen dieſer 4 Achſen ſo, daß diejenige von den beyden einerley Achſe zugehörigen Ecken, welche abgeſtumpft iſt, + E hat, während die gegen über ſtehende nicht-abgeſtumpfte Ecke — E zeigt.

Ueber die Electricität des Boracits, oder Boraxſpathes, vom Herrn Abbé Haüy; im Journal der Phyſik, B. VII. S. 87. f.

§. 1391. Noch merkwürdiger iſt die Electricität einiger Fiſcharten. Am ſtärkſten entdeckte man ſie an dem Zitteraale, oder electriſchen Aale (Gymnotus electricus), der, wenn er gereitzt wird, bey der Berührung mit der Hand, oder auch mit einem Leiter, und ſelbſt bey der Entfernung im Waſſer, eine ſtarke Erſchütterung und einen heftigen Stoß in den Gelenken der Finger, ja ſogar bis zum Ellenbogen, verurſacht, als wenn man eine geladene Leidner Flaſche mit den Händen entladet. Bey Berührung und Reitzung des Fiſches durch Nichtleiter empfindet man keinen Stoß. Aehnliche, wiewohl ſchwächere, Wirkungen hat man an dem Zitterrochen (Raia Torpedo) wahrgenommen, an dem Herr Walſh wirkliche electriſche Funken ſichtbar gemacht hat, als er den aus dem Waſſer genommenen Fiſch reitzte. Endlich gehört noch hierher der Zitterwels (Silurus electricus), der electriſche Stachelbauch (Tetrodon electricus) und der Trichiurus indicus.

Vom Zitteraale hat Herr Bloch (Naturgeſchichte der ausländiſchen Fiſche, Th II. Berlin 1786. 4. S. 43.) die Nachrichten darüber ſorgfältig geſammelt.

Vom Zitterrochen ſehe man: *John Walſh* of the electric property of the Torpedo; in den *philoſ. transact.* Vol. LXIII. S 461

Vom Zitterwels: *Brouſſonet*, in den *Mém. de l'acad. roy. des ſc. de Paris*, 1782.

Vom electriſchen Stachelbauche: *Peterſon*, in den *philoſ. transact.* Vol. LXXVI. P. II. S. 382.

Die ſo genannte thieriſche Electricität.

§. 1392. Wenn man bey einem lebenden Froſche einen Nerven, z. B. den Cruralnerven, entblößt und

und dieſen Nerven mit zwey verſchiedenen Metallen, z. B. mit Silber und Zinn, mit Silber und Zink, zugleich berührt, während auch dieſe Metalle mit einander in Berührung ſind, ſo entſteht ſogleich eine krampfhafte Zuſammenziehung der Muskeln, zu welchen der Nerve geht. Die Erſcheinung zeigt ſich, ſo lange die Theile noch Vitalität haben. Sie zeigt ſich auch bey abgetrennten Gliedmaßen, wenn ſie nur noch Reitzfähigkeit beſitzen. — Wenn man das Ende der Nerven auf ein Metall legt, z. B. auf Stanniol, auf das entblößte Muskelfleiſch, zu welchem der Nerve geht, ein anderes Metall anbringt, z. B. einen Streifen Blattſilber, und nun beyde Metalle durch einen nicht-leitenden Bogen berührt, ſo iſt die Erſcheinung nicht da; ſie zeigt ſich aber, wenn man jene durch einen electriſchen Leiter in Verbindung ſetzt, z. B. durch einen Metalldraht, durch eine Kohle. — Die Erſcheinung zeigt ſich ferner, wenn zwey Stellen eines und deſſelbigen Nerven mit zwey verſchiedenen Metallen belegt und durch einen guten Leiter in Verbindung gebracht werden; ſie zeigt ſich in dieſem Falle nicht, wenn man die Verbindung durch einen guten Nichtleiter macht.

§. 1393. Die Verſuche laſſen ſich auf eine intereſſante Weiſe auch ſo anſtellen, daß man dem lebenden Froſche die Haut ganz abzieht, die Eingeweide herausnimmt, und ihn ſo präparirt, daß ſeine Schenkel bloß durch die Cruralnerven mit dem Rumpfe zuſammenhängen. Man ſtellt hierauf zwey Trinkgläſer mit Waſſer gefüllt dicht neben einander, und hängt den

Froſch ſo über beyde, daß der Rumpf in das Waſſer des einen, die Schenkel in das Waſſer des andern Glaſes tauchen. Taucht man nun ein Metall in das Waſſer des einen, und ein anderes verſchiedenes Metall in das Waſſer des andern Glaſes, ſo ſind die Zuckungen in dem Froſche ſogleich da, ſo bald auch die Metalle oben mit einander in Berührung geſetzt werden.

§. 1394. Braucht man in dieſem Falle oder in dem vorigen nur Metalle von einerley Art, die durchaus nicht verſchieden ſind, ſo iſt bey ihrer Berührung unter einander und mit dem Froſche keine Zuckung deſſelben da; ſie iſt aber da, freylich nur ſchwach und nur bey einem Froſche von ſtarker Vitalität, wenn die Metalle zwar von derſelbigen Art, aber doch in der Härte, in der Legirung, in der äußern Politur, in der äußern reguliniſchen Beſchaffenheit, verſchieden ſind. So iſt z. B. keine Zuckung des Froſches in dem zuletzt angeführten Verſuche da, wenn man die Verbindung des Waſſers in den Gläſern z. B. durch einen Bogen von Silberdraht macht, der durchaus gleichförmig in ſeiner Natur iſt.

§. 1395. Allein in dem angeführten Falle (§. 1393.) ſind die Zuckungen gleich wieder da, wenn man das Eine Ende des leitenden Bogens mit einer leitenden Flüſſigkeit anderer Art, als bloßes Waſſer iſt, z. B. mit einer Auflöſung von Alkali, mit Scheidewaſſer, mit einer Auflöſung von Schwefelalkali beſtreicht; oder wenn man in das eine Glas bloßes Waſſer, in das andere Eſſig, oder eine alkaliſche Auflöſung, oder eine Auflöſung von Schwefelleber

oder

oder eine Salzauflöſung gießt, und die Verbindung jetzt auch nur durch ein einziges Metall macht.

§. 1396. Die angeführten Erſcheinungen von Zuckungen hat man nicht nur bey Fröſchen und bey Thieren mit kaltem Blute, ſondern auch bey warmblütigen Thieren, und ſelbſt bey menſchlichen Gliedmaßen wahrgenommen, ſo lange ſie noch Reitzfähigkeit beſaßen. Nur zeigen ſie ſich deſto ſchwächer, je geringer, bey übrigens gleichen Umſtänden, die Reitzfähigkeit iſt, und dauern deſto kürzere Zeit, je früher dieſe erliſcht.

§. 1397. Man applicire einen Streifen Stanniol unter die Spitze der Zunge und die Unterlippe, ſo daß er hervorſteht; man berühre hierauf die obere Fläche der Zungenſpitze mit Silber, und mit demſelben zugleich das Stanniol: ſo empfindet man in dem Augenblicke, da ſich beyde Metalle unter ſich und zugleich die Zunge berühren, einen ſehr auffallenden, gleichſam cauſtiſchen, Geſchmack.

§. 1398. Man fülle einen zinnernen Becher mit Kalkmilch, oder mit alkaliſcher, mäßig ſtarker Lauge, faſſe den Becher mit einer oder beyden Händen, die man mit bloßem Waſſer feucht gemacht hat, und bringe die Spitze der Zunge auf die Flüſſigkeit im Becher. Sogleich wird man die Empfindung von einem ſauern Geſchmacke auf der Zunge erhalten, welche die alkaliſche Flüſſigkeit berührt. Dieſer Geſchmack iſt, im Anfange wenigſtens, ſehr entſcheidend, bis er endlich dem

dem eigenthümlichen alkaliſchen der Flüſſigkeit Platz macht.

§. 1399. Man nehme einen Becher von Zinn, (noch beſſer von Zink,) ſtelle ihn auf einen ſilbernen Fuß, und fülle ihn mit reinem Waſſer. Steckt man die Spitze der Zunge ins Waſſer, ſo findet man es, wie natürlich, unſchmackhaft; ſo bald man aber zugleich den ſilbernen Fuß mit den recht benetzten Händen preßt, ſo empfindet die Zunge einen ſehr entſchiedenen ſauern Geſchmack.

§. 1400. Man bringe endlich zwiſchen die linke obere Kinnlade und die linke Wange eine Stange Zink, und zwiſchen die untere rechte Kinnlade und die rechte Wange eine Stange Silber, ſo, daß die Metallſtücke aus dem Munde hervorragen, und nähere hierauf dieſe hervorragenden Enden einander; ſo wird man im Dunkeln bey dem Contacte beyder Metalle Licht empfinden.

§. 1401. Wenn in allen den angeführten Fällen Muskelbewegung oder Empfindung erregt werden ſoll, ſo müſſen Leiter von verſchiedener Art, ſo wohl unter einander, als mit den reitzbaren oder empfindenden Theilen in Berührung ſeyn.

§. 1402. Bey gleicher Reitzfähigkeit der thieriſchen Theile bringen die verſchiedenen Leiter in Berührung unter einander und mit reitzfähigen Theilen nicht gleich ſtarke Wirkungen hervor. Dieſe ſind um deſto lebhafter, je mehr die angewandten Metalle von einan-

einander in der hier genannten Ordnung von einander abſtehen:

Zink,
Stanniol,
Pfundzinn,
Bley,
Eiſen,
Gelbkupfer,
Kupfer,
Platin,
Gold,
Silber,
Queckſilber,
Reißbley (Holzkohle).

§. 1403. Der Erſte, welcher die bey der Berührung von zwey verſchiedenen Metallen entſtehenden Muskelbewegungen beobachtete, war **Galvani** zu Bologna; und man hat daher nach ihm die Erſcheinungen dieſer Art unter dem Namen des **Galvanismus** begriffen. Die Verſuche darüber beſchäftigten bald nachher eine große Menge von Naturforſchern und Phyſiologen in mehrern ländern; man änderte ſie auf mannigfaltige Weiſe ab und entdeckte eine Menge neuer Thatſachen. So wie es aber gemeiniglich mit neuen Entdeckungen phyſicaliſcher Thatſachen zu geſchehen pflegt, daß man ſogleich Erklärungen ihrer Urſachen wagt, ehe man noch die Thatſachen ſelbſt gehörig vervielfältigt und abgeändert hat, ſo geſchah es auch hier. Man ging gleich anfangs von einer eigenthümlichen, den lebenden Organen beywohnenden, und die Muskelbewegungen erregenden, thieriſchen Electricität aus, und ließ die Muskeln ſich ordentlich damit laden und wie-

der

der en laden. Andere erklärten die Erſcheinungen durch chemiſche Miſchungsveränderungen, die bey der Einwirkung der Metalle unter einander und mit den berührenden lebenden Theilen in dieſen vorgehen ſollten, und brachten zum Theile davon wunderliche Meinungen bey. Keiner von allen Naturforſchern, die ſich mit dieſem Gegenſtande beſchäftigt haben, hat ihn auf ſo vielfache Art unterſucht, als Herr Volta. Ihm verdanken wir die meiſten hierher gehörigen Entdeckungen und die nähere Beſtimmung der dabey obwaltenden Umſtände. Er iſt es aber auch, der die dabey wirkende Urſach zuerſt aufgeklärt und ins Licht geſetzt, und der bis zur überzeugendſten Evidenz dargethan hat: daß dieſe Urſach, welche in den angeführten Fällen Muskelbewegungen erregt und den Geſchmacks- und Geſichtsſinn afficirt, das gewöhnliche electriſche Fluidum iſt, welches nicht durch einen thieriſchen Lebensprozeß, ſondern durch die Berührung heterogener Leiter unter einander in Action geſetzt wird; daß dieſes in Circulation geſetzte electriſche Fluidum reitzfähige Theile reitze, und ſo Muskelbewegungen und Empfindungen veranlaſſe. Es iſt ihm endlich gelungen, die bey der Berührung der heterogenen Leiter in Action geſetzte electriſche Materie durch Hülfe des Duplicators bis zur Wahrnehmung an einem Electrometer darzuthun. So ſind alſo dieſe Unterſuchungen zwar nicht für die Phyſiologie aufklärend und fruchtbar geweſen, deſto mehr aber für die Naturlehre im Gebiete der electriſchen Erſcheinungen.

Aloyſii Galvani de viribus electricitatis in motu musculari commentarius. Bonon. 1791. 4. Aloyſ. Galvani Abhandlung über die Kräfte der thieriſchen Electricität auf die Bewegung der Muskeln, nebſt einigen Schriften der Herren Valli, Carminati und Volta über eben dieſen Gegenſtand, herausgegeben von D. Joh. Mayer. Prag 1793. 8. Nachricht von den Verſuchen des Hrn. Galvani über die Wirkung der Electricität auf die Muskularbewegungen; in Grens Journal der Phyſik, B. VI. S. 371. ff. Briefe des Hrn. Euſeb. Valli über die thieriſche Electricität; ebendaſ. S. 382. ff. S. 392. ff. Grens Bemerkungen über die ſo genannte thieriſche Electricität; ebendaſ. S. 402. ff. Schreiben des Hrn. Prof. Reil an Gren über die ſo genannte thieriſche Electricität; ebendaſ. S. 411. ff. Schriften über die thieriſche Electricität von Alex. Volta, aus dem Ital. von D. Joh. Mayer. Prag 1793. 8. Carl Caſpar Creve Beyträge zu Galvani's Verſuchen über die Kräfte der thieriſchen Electricität auf die Bewegung der Muskeln. Frankfurt und Leipzig 1793. 8.; insgl. in Grens Journal der Phyſik, B. VII. S. 323. ff. *Chriſtoph. Henr. Pfaff* diſſ. de electricitate animali. Stuttg. 1793. 8., überſ. im Journ. der Phyſik, B. VIII. S. 196. ff. Fortgeſetzte Bemerkungen über die thieriſche Electricität, von Hrn. Pfaff; ebendaſ. S. 270. ff. S. 377. ff. Nachrichten von einigen Entdeckungen des Herrn Galvani, nebſt Verſuchen und Beobachtungen darüber, von Alex. Volta; ebendaſ. S. 303. ff. S. 389. ff. C. H. Pfaff über thieriſche Electricität und Reitzbarkeit. Göttingen 1794. 8. Ueber die gereitzte Muskelfaſer, vom Hrn. von Humboldt; im neuen Journal der Phyſik. B. II. S. 115. ff. Brief des Herrn von Humboldt an Hrn. Blumenbach; ebendaſ. S. 471. Ebendeſſelben neue Verſuche über den Metallreitz; ebend. B. III. S. 165. ff. Beobachtungen über den Muskelreitz bey Thieren in den Galvani'ſchen Verſuchen, von Herrn Wells in London; ebendaſ. S. 441. ff. Ueber die gereitzte Muskelfaſer, vom Hrn. D. Ph. Michaelis; ebendaſ. B. IV. S. 1. ff.

Des Herrn Alex. Volta neue Abhandlung über die thieriſche Electricität; ebendaſ. B. II. S. 141. ff. Schreiben des Hrn. Volta an Gren; ebendaſ. B. III. S. 479. Zweytes Schreiben des Hrn. Volta an Gren über die ſo genannte thieriſche Electricität; ebendaſ. B. IV. S. 107. ff.

§. 1404 Die freye und bewegte electriſche Materie iſt ein Reitzungsmittel für die belebte Faſer, und die Folge ihres Reitzes bey ihrer unmittelbaren Durchſtrömung durch dieſelbe iſt Empfindung oder Bewegung derſelben. Die entblößte Muskelfaſer oder ihre Nerven ſind ſolcher Geſtalt das empfindlich-

ſte

ſte Electroſkop, und zeigen ſo das Daſeyn eines electriſchen Stromes an, der ſonſt das feinſte Electrometer nicht in Bewegung ſetzen würde. Bey der Berührung heterogener Leiter wird electriſches Fluidum in Bewegung geſetzt, es ſey nun, daß alle Leiter im natürlichen Zuſtande davon eine geringe den Sättigungsgrad derſelben in unmerklicher Menge überſteigende Doſis enthalten, und dagegen ſelbſt eine verſchiedene Anziehungskraft beſitzen; oder daß die Berührung derſelben unter einander ſelbſt es frey macht und ſie es ſtärker oder ſchwächer anziehen. Bilden nun die Leiter einen Kreis, ſo wird das Fluidum dadurch ſelbſt in Kreislauf geſetzt, was aber durch unſere bisherigen Werkzeuge nicht zu entdecken war. Wenn ſo z. B. die entblößten Cruralnerven eines Froſches von dieſem Kreiſe heterogener Leiter ſelbſt ein leitendes Stück ausmachen, ſo daß die ganze oder faſt die ganze ſtrömende electriſche Materie durch ſie allein gehen muß, und die Nerven noch einen Reſt von Vitalität haben; ſo werden die den Nerven zugehörigen Muskeln in Zuckungen geſetzt, ſo bald die Herſtellung des Kreiſes der Leitung einen ſolchen electriſchen Strom veranlaßt, und ſo oft man nach gehöriger Unterbrechung deſſelben ihn gehörig wiederherſtellt. Wenn ſich anſtatt der zur Bewegung dienenden Nerven die an der Spitze oder am Rande der Zunge, welche zum Geſchmacke dienen, oder die äußern Theile des Augapfels, in dem leitenden Kreiſe befinden, ſo wird auch durch dieſen electriſchen Strom Empfindung von Geſchmack und von Licht erregt.

§. 1405. So kann man auf folgende Weiſe durch einen ſehr frappanten Verſuch Muskelbewegung und Afficirung des Sinnes des Geſchmacks und des Geſichts zugleich durch den electriſchen Strom bewirken. Es treten vier Perſonen auf einen nicht ſehr leitenden Fußboden, und werden mit einander folgender Maßen in leitende Verbindung geſetzt. Die erſte in der Reihe faßt in die rechte Hand, die aber mit Waſſer benetzt ſeyn muß, eine Zinkſtange, und berührt mit dem Finger der linken Hand die Spitze der Zunge der zweyten Perſon, die wiederum mit einem Finger den bloßen Augapfel der dritten Perſon berührt; dieſe dritte Perſon hält mit naßgemachter Hand die hintern Extremitäten eines nach der oben (§. 1393.) angeführten Weiſe präparirten Froſches, deſſen entblößten Rumpf die vierte und letzte Perſon in der Reihe mit der naſſen rechten Hand anfaßt, während ſie in der naſſen linken eine Silberſtange hält. So wie nun der Erſte und letzte in der Reihe die Zink- und Silberſtange in Berührung bringen, und ſolcher Geſtalt den Kreis vollenden, empfindet die Perſon, deren Zungenſpitze berührt wird, einen ſauern Geſchmack, das berührte Auge des Dritten nimmt einen Schein von licht wahr, und die Schenkel des Froſches, der vom Dritten und Vierten gehalten wird, gerathen in heftige Zuckungen.

§. 1406. Die verſchiedenen electriſchen leiter zeigen das Vermögen, bey ihrer Berührung unter einander, einen electriſchen Strom zu veranlaſſen, nicht mit gleicher Thätigkeit (§. 1402.). Herr **Volta** theilt ſie

ſie in dieſer Hinſicht in zwey Claſſen: in **trockene**, welche die erſte ausmachen, und wohin vorzüglich die Metalle, die Kieße und die Holzkohle gehören; und in **feuchte Leiter**, welche die zweyte Claſſe ausmachen. Jedesmal nun, daß in einem vollſtändigen Kreiſe von Leitern entweder einer von der zweyten Claſſe zwiſchen zwey unter einander verſchiedene von der erſtern Claſſe, oder umgekehrt einer von der erſtern Claſſe zwiſchen zwey unter ſich verſchiedene von der zweyten Claſſe gebracht wird, wird durch die vorwaltende Kraft zur Rechten oder zur Linken ein electriſcher Strom veranlaßt, der bey Unterbrechung des Kreiſes wieder aufhört, bey Wiederherſtellung deſſelben wieder von neuem veranlaßt wird, und ſo in den reitzfähigen Theilen, die einen Theil des leitenden Kreiſes ausmachen, Empfindung und Bewegung hervorbringt. Herr **Volta** hat durch ſeine Unterſuchungen dargethan, daß die electriſche Action hauptſächlich durch die Berührung zweyer verſchiedenen Metalle mit feuchten Leitern veranlaßt wird, obgleich dieſelbe auch bey Berührung der trockenen heterogenen Leiter unter einander und ſelbſt der feuchten heterogenen Leiter unter einander Statt findet.

§. 1407. Die verſchiedenen Arten der Verbindung der Leiter unter einander zur Veranlaſſung eines electriſchen Stromes laſſen ſich durch Zeichnungen deutlich machen, die ich deshalb nach Herrn **Volta** auf der XV. Kupfertafel hier beyfüge. Sie dienen zugleich, die darauf Bezug habenden Grundſätze anſchaulich zu machen. Die hierher gehörigen Leiter der

erſten

erſten Claſſe, wie die Metalle, ſind durch große Buchſtaben, die Leiter der zweyten Claſſe oder die feuchten Leiter durch kleine Buchſtaben in den Figuren angezeigt.

Fig. 156. kann den Fall vorſtellen, wo der Froſchnerve den feuchten Leiter a macht, der an zwey verſchiedenen Stellen von zwey verſchiedenen Metallen oder Leitern der erſtern Klaſſe A (Silber) und Z (Zink) berührt wird, die ſich unter einander wieder ſelbſt berühren, wie nach §. 1392.; oder a iſt die Spitze der Zunge zwiſchen Silber und Stanniol, die ſich unter einander berühren, oder der Fall des §. 1397.

Fig. 157. ſtellt den Fall vor, wo ſich Ein Leiter der erſtern Claſſe zwiſchen zwey ſich berührenden heterogenen Leitern der zweyten Claſſe in Berührung befindet; wohin die Verſuche §. 1395. und §. 1398. gerechnet werden können.

Wenn der Kreis bloß von zwey Arten der Leiter, ſo verſchieden ſie auch ſind und ſo vielfach auch die Anzahl der Stücke iſt, woraus jeder beſteht, zuſammen geſetzt iſt, wie Fig. 158., 159., 160. und 161., ſo kann kein Kreislauf des electriſchen Fluidums veranlaßt werden; denn die Kräfte ſind ſich einander gleich, die nach entgegen geſetzten Richtungen wirken.

Eben dies iſt auch der Fall, und es wird kein electriſcher Strom veranlaßt, der vermögend wäre, auf die zarteſten Nerven Eindruck zu machen, wenn von zwey oder mehrern verſchiedenen Metallen ſich jedes zwiſchen Leitern der zweyten Claſſe von einerley Art oder nahe von einerley Art befindet, welchen Fall Fig. 162. vorſtellt, oder wenn in dem Kreiſe zwey trockene Leiter von einerley Art, die mit einem feuchten Leiter zwiſchen ſich verbunden ſind, durch einen trockenen Leiter von verſchiedener Art an ihrem andern Ende verbunden werden, wie Fig. 163.

Wenn aber in dem letztern Falle A und das eine Z nicht unmittelbar ſich berühren, ſondern ein feuchter Leiter m, der aber von g verſchieden iſt, ſich dazwiſchen befindet, wie Fig. 164.; dann iſt die electriſche Action nicht mehr auf beyden Seiten im Gleichgewichte, und es entſteht nun ein electriſcher Strom. Wenn alſo g ein präparirter Froſch, Z, Z, Stücke von Zink, A Silber, und m ein Waſſertropfen, ein Stückchen feuchte Morchel, Seife, Kleber, Eyweiß, u. dergl. iſt, ſo wird der Froſch in Zuckungen gebracht, ſo bald man den Kreis vollſtändig macht.

In dem Falle, den Fig. 165. vorſtellt, kann wieder kein electriſcher Strom veranlaßt werden, wegen des Gleichgewichts auf beyden Seiten; dies findet auch in dem Falle Fig. 166. und 167. Statt.

Aber in den Combinationen, die durch Fig. 168., 169., 170., 171. und 172. vorgeſtellt ſind, ſind ſich die Actionen, die durch

durch die metalliſchen Berührungen entſpringen, nicht mehr einander entgegen geſetzt, folglich entſteht ein electriſcher Strom. In dieſen Figuren kann g den präparirten Froſch vorſtellen, der von Perſonen p, p mit feuchten Händen gehalten wird, A und Z aber Stücke von Silber und Zink.

Wenn in Fig. 169. a zwiſchen A und Z fehlte, ſo würde die Combination mit der in Fig. 167. vorgeſtellten übereinkommen und kein electriſcher Strom veranlaßt werden. Man kann daher den Verſuch auf eine frappante Art abändern. p im Kreiſe zur Linken in Fig. 169. ſey eine Perſon, die in der linken feuchten Hand einen ſilbernen Löffel, worin etwas Waſſer a iſt, bey dem Stiele hält, in der rechten auch ein Silberſtück A hat. p oben im Kreiſe zur Rechten halte in der rechten Hand ein Stück Zink, in der linken die untern Extremitäten des präparirten Froſches g, deſſen Rumpf von der dritten oder mittlern Perſon p mit der rechten Hand gehalten wird, während ſie in der linken mit einer Stange Zink das Silberſtück A der erſten Perſon berührt. Wenn nun die beyden äußerſten Perſonen ihr Silber und Zink ſich trocken berühren laſſen, ſo tritt der Fall Fig. 167. ein, und der Froſch bleibt ruhig; er wird aber lebhaft erſchüttert, wenn die eine Perſon, ſtatt mit dem trockenen Zink eine trockene Stelle des ſilbernen Löffels zu berühren, das Waſſer a darin berührt, wodurch der Fall Fig. 169. hergeſtellt wird.

In dem Falle Fig. 173. wird, wie man nun leicht einſieht, dadurch, daß zwiſchen jedes A und Z ein feuchter Leiter a von einerley Art angebracht wird, die Action von beyden Seiten her wieder ins Gleichgewicht gebracht, und alſo die Entſtehung des electriſchen Stroms gehindert.

Fig. 174. ſtellt den Typus des oben (§. 1395. beſchriebenen Verſuchs dar, wo g der präparirte Froſch iſt, a, a die beyden Gläſer mit Waſſer, A den Bogen eines einzigen Metalles, und m den Tropfen oder die dünne Schicht von Schwefelleberauflöſung, Salzwaſſer, Scheidewaſſer, u. dergl. vorſtellt. Er iſt dem Falle der Fig. 157. analog.

Es giebt noch eine dritte Art, das electriſche Fluidum zu erregen, obgleich auf eine weit ſchwächere Weiſe, die kaum vermögend iſt, einen vollſtändig präparirten Froſch, der noch ſtarke Vitalität hat, in Zuckungen zu verſetzen. Sie beſteht darin, daß drey verſchiedene Leiter, die bloß aus der zweyten Claſſe ſind, den Kreis bilden, ohne Dazwiſchenkunft eines Metalles oder eines Leiters der erſtern Claſſe. Dieſer Fall, weit entfernt, den Grundſätzen des Herrn Volta, wie man meint, zu widerſprechen, macht ſie nur noch allgemeiner. Fig. 175. ſtellt dieſen Fall vor, wobey t der Schenkel des nach §. 1393. präparirten Froſches oder eigentlich der tendinöſe Theil des musculus gaſtrocnemius iſt, der den Rumpf m, oder die Rückenmuskeln, oder auch die Iſchiadnerven berührt, indem an die Berührungsſtelle

ſtelle Blut, oder viskoſe, oder ſeifenartige, oder ſalzige Feuchtigkeit gebracht iſt.

Volta, im neuen Journal der Phyſik, B. IV. S. 107. ff.

Einige Bemerkungen über die Natur und Zuſammenſetzung der electriſchen Materie.

§. 1408. Ungeachtet der überaus großen Menge electriſcher Verſuche, die bis jetzt angeſtellt worden ſind, hat man daraus bis jetzt noch wenig Folgerungen über die Natur und das eigentliche Weſen des electriſchen Fluidums gezogen. Vielleicht hat man ſich bey der Erklärung mehr Schwierigkeiten gemacht, als wirklich da ſind, indem man das Zufällige von dem Weſentlichen nicht gehörig abſonderte; vielleicht iſt die vorgefaßte Meinung des dualiſtiſchen Syſtems von zwey ſpecifiſch verſchiedenen electriſchen Materien ſelbſt eine nicht zu überwindende Schwierigkeit in der Erklärung der Natur und Zuſammenſetzung des electriſchen Fluidums geweſen. Ich wage es hier, meine Gedanken über dieſen Gegenſtand vorzulegen. Wäre meine Erklärung auch nur hypothetiſch, ſo hat ſie vielleicht doch das Verdienſtliche, neue Unterſuchungen zu veranlaſſen, die etwa auf einem andern Wege die Wahrheit finden laſſen. Meine Behauptungen enthalten indeſſen wenigſtens nichts, was nicht ſinnliche Thatſachen lehrten, und was nicht auf Beobachtung gegründet wäre. Auch verdienen ſie vielleicht dadurch einige Rückſicht, daß ſie die electriſche Materie mit ſehr allgemeinen Erſcheinungen der Natur in Cauſalzuſam-

zuſammenhang ſetzen. Ich lege dabey das Frankliniſche Syſtem zum Grunde, ſchicke aber erſt noch einige allgemeine Thatſachen voraus, auf die ich baue. Ich brauche mich nur kurz zu faſſen, da die weitere Anwendung ſich leicht machen läßt.

Man vergleiche mit meiner Theorie die von de Luc, in ſeinen neuen Ideen über die Meteorologie, Th. I. S. 186. u. ff.; und die von Gardini (Abhandlung von der Natur des electriſchen Feuers; überſetzt von J. G. Geißler. Dresden 1793. 8.)

§. 1409. Da die poſitiv-electriſirten Körper nicht ſchwerer, die negativ-electriſirten nicht leichter ſind, als in ihrem unelectriſirten Zuſtande, auch bey Unterſuchungen mit den feinſten Waagen; ſo folgt, daß die electriſche Materie eine inponderabele Subſtanz ſeyn müſſe, in deren Zuſammenſetzung kein wägbarer Stoff eingeht.

§. 1410. Die electriſche Materie wird nur frey, wirkſam und thätig in und auf Nichtleitern. Das electriſche Anziehen oder Abſtoßen, was ein electriſirter Leiter zeigt, zeigt er nur vermöge der electriſchen Atmoſphäre (§. 1318.), d. i., der in der Luft, als einem Nichtleiter, thätigen electriſchen Materie. Wäre die Luft ein Leiter, ſo würden wir ja nichts von electriſchen Erſcheinungen wiſſen. Das electriſche Licht zeigt ſich nur bey dem Uebergange oder Eintritte aus oder in einen Leiter durch einen Nichtleiter. Da die Torricelliſche Leere natürlicher Weiſe kein Leiter iſt, ſo wenig als ein Nichtleiter, ſo muß auch die electriſche Materie darin am freyeſten werden und das ſtärkſte Licht zeigen. Bey dem Uebergange des verſtärkten

electri-

electriſchen Funkens durch einen dünnen Draht, der davon glühend und geſchmolzen wird, wird das electriſche Fluidum nur in ſo fern frey, als die wenige Maſſe die ganze Menge des ſtrömenden electriſchen Fluidums nicht auf Einmal faſſen kann. In den Leitern, ohne Verbindung mit Nichtleitern, wird alſo die electriſche Materie nie ſo frey, daß ſie ſich unſern Sinnen bemerkbar zeigte. Es folgt hieraus, daß die Nichtleiter weit weniger Anziehungskraft zur electriſchen Materie haben müſſen, als die Leiter.

§. 1411. Die thätige electriſche Materie zeigt ſich als ein **expanſibeles Fluidum**, deſſen Theile überwiegende Repulſionskraft beſitzen, welche nur durch Anziehung anderer Materien dagegen ins Gleichgewicht, und ſo zur Unthätigkeit gebracht werden kann.

§. 1412. Die Anhäufung der electriſchen Materie auf einem Leiter geſchieht nicht durch chemiſche Verbindung damit, ſondern nur durch Adhäſion. Der Beweis dafür iſt: daß die electriſirten Leiter nur auf der Oberfläche, nicht im Innern, electriſirt ſind (§. 1247.), und daß die Vertheilung der Electricität unter iſolirte Leiter ſich nicht nach ihren Maſſen, ſondern nach ihren Oberflächen richtet (§. 1246.).

§. 1413. Die aus den Leitern bey dem Uebergange durch Nichtleiter, wegen mangelnder Anziehung der letztern dagegen, ganz frey werdende electriſche Materie zeigt ſich als **Licht**, bey dem wir an ſich keine Verſchiedenheit von dem Lichte wahrnehmen, das durchs Verbrennen verbrennlicher Subſtanzen und auf

andere Weiſe entſteht. Soll indeſſen unſer Geſichts-organ dieſes Licht empfinden, ſo muß es natürlicher Weiſe, wie alles Licht, eine beſtimmte Intenſität quoad minimum beſitzen. Daher zeigt es ſich nur bey Funken, bey dem Ausſtrömen aus leitenden Spitzen, oder bey dem Einſtrömen in dieſelben. Wegen der unvollkommenen nichtleitenden Eigenſchaft der Luft und anderer Nichtleiter wird indeſſen nicht alles durch ſie brechende oder ſtrömende electriſche Fluidum frey und zum Lichte; und deswegen kann durch Funken Mittheilung der Electricität entſtehen.

§. 1414. Ich mache aus allen dieſen Thatſachen den Schluß, daß die electriſche Materie nichts anderes iſt, als Lichtmaterie, oder die Zuſammenſetzung aus der eigenthümlichen Baſis des Lichts (§. 802. 803.) und dem Wärmeſtoffe, die ihrer ganzen Zuſammenſetzung nach durch Adhäſion mit andern Materien latent gemacht, doch nicht chemiſch gebunden, iſt. Ihr Beſtreben, ſich ins Gleichgewicht zu ſetzen, hängt nicht allein von der Repulſionskraft ihrer Theile unter einander, ſondern auch von der Anziehungskraft anderer Stoffe dagegen ab. Sie zeigt dieſes Beſtreben und wird thätig, wenn ſie auf einem Körper über ſeinen Sättigungsgrad angehäuft worden iſt. Durch noch ſtärkere Anhäufung bey nicht genugſamer Anziehung anderer Stoffe, wie die Nichtleiter ſind, kann ſie endlich ganz frey werden, wo ſie ſich dann als Licht offenbart und als ſolches zerſtreuet. Die Anhäufung der electriſchen Materie auf iſolirten Leitern würde indeſſen durch die Anziehung derſelben dagegen allein

nicht

nicht geſchehen können; oder dieſe würde nicht hinreichend ſeyn, der Repulſionskraft ihrer Theile unter einander hinlänglich das Gleichgewicht zu halten, ſo daß ſie ſich als Licht entwickeln und entweichen müßte, wenn nicht die Repulſionskraft der electriſchen Atmoſphäre die Anziehungskraft des Leiters dagegen unterſtützte. Die Erſcheinungen des electriſchen Lichts im Vacuum beweiſen dies. Die Wirkungen der Exploſion ſind Folgen des plötzlich frey werdenden Lichts oder Feuers, als expanſives Fluidum.

§. 1415. Es erhellet aus dem Geſagten, daß das freye Licht nicht mehr die electriſche Materie iſt, daß aber auch die Baſis des Lichts allein ſie nicht ausmacht, ſondern daß das andern Körpern adhärirende Licht nur dieſen Namen führen kann.

§. 1416. Da die Lichtmaterie aus ihrer eigenthümlichen Baſis, (Brennſtoff,) und dem Wärmeſtoffe zuſammengeſetzt iſt, ſo muß es auch die electriſche Materie ſeyn. Das Daſeyn des Wärmeſtoffes in der electriſchen Materie, durch den ſie eben ein expanſibeles Fluidum iſt, folgt alſo ſchon hieraus; Herr van **Marum** hat aber den Wärmeſtoff als Beſtandtheil der electriſchen Materie auch direct erwieſen. Das Schmelzen der Drähte durch den verſtärkten electriſchen Funken gehört auch zu dieſen Beweiſen.

Verſuche zum Erweiſe, daß in dem electriſchen Fluidum Wärmeſtoff zugegen iſt, vom Herrn van Marum; im neuen Journal der Phyſik, B. III. S. 1. ff.

§. 1417. Der Wärmeſtoff allein macht aber nicht das electriſche Fluidum aus; dagegen ſpricht der Augenſchein. Das Daſeyn der eigenthümlichen Baſis

des Lichts in der electriſchen Materie folgt nicht nur aus dem Lichte ſelbſt, zu welchem die electriſche Materie bey ihrem Freywerden wird; ſondern auch aus andern Verſuchen, wie z. B. aus der Zerſetzung des Waſſers durch den electriſchen Funken, deſſen Waſſerſtoff, wenn er Waſſerſtoffgas bilden ſoll, nothwendig die Baſis des Lichts enthalten muß, die er hierbey nirgends anders woher, als aus dem electriſchen Fluidum empfangen kann.

§. 1418. Die Afficirung des Geruchsſinnes durch electriſirte Luft, des Geſchmacks durch den electriſchen Strom, der die Nerven der Zunge reitzt, beweiſ't nicht das Daſeyn eines Riechſtoffes, einer Säure, u. dergl., in der electriſchen Materie; beweiſ't nur, daß unſere Nerven durch Strömung der electriſchen Materie gereitzt werden.

§. 1419. Es folgt aus meiner Theorie: daß die electriſche Materie in den Körpern zuſammengeſetzt und zerſetzt werden könne. Die urſprüngliche Erregung der Electricität bey ſo mannigfaltigen Prozeſſen des Schmelzens, Verbrennens, Verdampfens, der Gas- und Dampfbildung, Gas- und Dampfzerſetzung, ließe ſich daraus erklären. Bey dem Reiben iſt es ohne Zweifel der dabey entwickelte Wärmeſtoff, welcher der durch Anziehung der Körper unthätig gemachten und ins Gleichgewicht gebrachten electriſchen Materie die nöthige Expanſivkraft ertheilt; vielleicht auch ſich mit der in den Körpern befindlichen Lichtbaſis erſt zur electriſchen Materie vereinigt. Die verſchiedenen Farben, welche das electriſche Licht bey

ſeinem

ſeinem Ausſtrömen aus verſchiedenen Leitern zeigt, beweiſ't die Verſchiedenheit in dem quantitativen Verhältniſſe ſeiner Beſtandtheile, die aus der ungleichen Anziehung der Körper zum Wärmeſtoffe entſpringt. Die Hauptquelle für die electriſche Materie unſeres Erdballes iſt das Sonnenlicht, das wir alſo in dieſer Hinſicht wiederum zu etwas mehr, als Tag zu machen, dienen ſehen, und das wir ſo als den Grund vieler anderer ſehr großer und wirkſamer Kraftäußerungen in der Natur zu betrachten veranlaßt werden.

Fünf-

Fünftes Hauptſtück.
Magnetiſche Materie.

§. 1420.

Ein beſonderes Eiſenerz, das unter dem Namen des **Magnets** (Magnetes), des **magnetiſchen Eiſenſteines**, bekannt iſt, hat die Eigenſchaft, das Eiſen an ſich zu ziehen und mit ziemlicher Kraft an ſich zu halten. Die Wirkung dieſer Anziehung äußert ſich ſchon in der Entfernung, und wenn das Eiſen leicht und beweglich genug iſt, ſo bewegt es ſich in der Nähe des Magnets gegen denſelbigen zu, und auch umgekehrt der Magnet gegen das Eiſen, wenn er Beweglichkeit genug hat.

Verſuche: An einen rohen Magnet hängt ſich Eiſenfeil als ein Bart an.

Eine Nadel, die an einem Faden hängt, wird in der Entfernung nach dem Magnete gezogen.

Eiſenfeil, das auf Queckſilber oder auf einem Papiere auf Waſſer ſchwimmt, bewegt ſich ſchon in der Entfernung gegen einen Magnet.

Ein Magnet, der auf einem Brete auf Waſſer oder auf Queckſilber ſchwimmt, wird ſchon in der Entfernung vom Eiſen angezogen.

§. 1421. Der Magnet, der ſich frey genug bewegen kann, bleibt nicht in jeder Lage, die man ihm giebt, ſondern wendet ſich ungefähr mit einem Ende gegen Norden, und dem entgegengeſetzten nach Süden zu. An dieſen ſich einander entgegengeſetzten Enden hängt ſich auch das Eiſenfeil in der größten Menge an den Magnet an, und kleine Stückchen Eiſendraht ſtellen ſich hier ſenkrecht auf dem Magnete.

Verſuche:

Verſuche: Ein Magnet, der an ſeinem Schwerpuncte durch einen Faden aufgehängt iſt, dreht ſich mit einer Seite nach Norden, mit der andern nach Süden.

Eben dies geſchieht, wenn er auf Queckſilber ſchwimmt.

An dieſen entgegengeſetzten Enden hängt ſich das Eiſenfeil am ſtärkſten an, und ſtellt ſich ein Stückchen feiner Eiſendraht ſenkrecht.

§. 1422. Dieſe ſich einander entgegengeſetzten Puncte des Magnets nennt man die **Pole** deſſelben, und zwar wegen ihrer Richtung den einen den **Nordpol** (Polus boreus), den andern den **Südpol** (Polus auſtralis). Es giebt auch Magnete mit drey und mehrern Polen, welche **zuſammengeſetzte** oder **anomaliſche Magnete** genannt werden, und aus mehrern verwachſenen Magneten zu beſtehen ſcheinen.

§. 1423. Die Richtung des Magnets oder die Lage ſeiner **Achſe**, d. h., der geraden Linie, die man von einem Pole deſſelben zum andern ziehen kann, kommt nur ungefähr mit der Mittagslinie überein, und läßt ſich am beſten durch die künſtliche **Magnetnadel** (Acus magnetica, Verſorium) zeigen, von deren Einrichtung weiterhin geredet wird.

§. 1424. Der Magnet zieht das Eiſen am ſtärkſten, wenn es im vollkommenſten reguliniſchen Zuſtande iſt. Die Anziehung deſſelben dagegen wird ſchwächer, wenn das Eiſen vererzt, oder in Säuren aufgelöſ't, oder mit andern Metallen, beſonders mit Arſenik, verbunden wird; doch iſt ſie unter den gehörigen Umſtänden nach Hrn. **Brugman** allerdings noch bemerkbar.

Verſuche: Einige Tropfen friſcher Eiſenvitriolauflöſung auf einem auf dem Waſſer ſchwimmenden Papiere werden vom Magnete angezogen.

§. 1425.

§. 1425. Ueberhaupt lehrt die Erfahrung, daß das Eiſen immer um deſto ſchwächer angezogen werde, je vollkommener es verkalkt wird, und ganz vollkommener Eiſenkalk wird nicht gezogen. Wir wiſſen jetzt gewiß, daß das Eiſen nicht das einzige Metall iſt, welches vom Magnete angezogen wird. Das Kobalt, auch das reinſte, iſt nicht nur fähig, vom Magnete gezogen, ſondern auch ſogar ſelbſt zum Magnete zu werden, und wirklich hat man jetzt auch ſchon Magnetnadeln von reinem Kobalte.

Erweis, daß das Eiſen nicht das einzige Metall ſey, welches der Magnet in ſeiner Reinigkeit anzieht, ſondern daß er auch dieſe anziehende Kraft gegen das Metall des allerreinſten blaufärbenden Kobaltkönigs äußere, von Hrn. J. E. Kohl; in Crells neueſten Entdeckungen, Th. VII. S. 39. ff. Leonhardi's Zuſätze und Anmerkungen zu Macquers chymiſchem Wörterbuche, B. II. Leipzig 1792. S. 896. Anm.

§. 1426. Noch auffallender iſt die Entdeckung des Magnetismus in einer bloßen Steinart, dergleichen neuerlich Hr. von **Humboldt** gemacht hat. Er fand in dem Oberpfälziſchen und angrenzenden Gebirge eine Gebirgskuppe von **Serpentinſtein**, die einen ſehr ſtarken Magnetismus zeigte. Sie beſteht aus reinem Serpentinſtein, meiſt von lauchgrüner Farbe, der hier und da in **Chloritſchiefer** übergeht. Die Kuppe iſt dergeſtalt gegen die Erdachſe gerichtet, daß das Geſtein am nördlichen Abhange bloß Südpole, am ſüdlichen Abhange bloß Nordpole zeigt. Das Gebirge hat nicht Eine Achſe, ſondern viele, die aber nicht in einerley Ebene liegen. Zwiſchen zwey wirkſamen Nordpolen liegt völlig unwirkſames Geſtein, welches aber weder durch ſeine äußern Kennzeichen noch durch ſeine Miſchung von dem wirk-

ſamen

ſamen zu unterſcheiden iſt. Jedes noch ſo klein abgeſchlagene Stück des letztern zeigt den Magnetismus und hat ſeine Pole. Was aber einen ſehr weſentlichen Umſtand dabey ausmacht, und zugleich beweiſ't, daß der Magnetismus des Geſteins nicht von fein eingeſprengtem Magneteiſenſteine herrühren könne, iſt das: daß dieſe Steinart, ſo lebhaft auch ihre Polarität und ſo ſtark ihre Anziehung zum Magnete iſt, keine Spur von Anziehung gegen unmagnetiſches Eiſen zeigt, woraus denn auch folgen würde, daß ſie dem Eiſen nicht den Magnetismus mittheilen kann. Denn es ergiebt ſich aus dem folgenden, daß der Magnet das Eiſen nur in ſo fern anzieht, als er ihm den Magnetismus ertheilt. Das eigenthümliche Gewicht dieſer Steinart geht von 1,901 bis 2,04, und iſt alſo geringe.

Ueber die merkwürdige magnetiſche Polarität einer Gebirgskuppe von Serpentinſtein, vom Hrn. von Humboldt; im neuen Journal der Phyſik, B. IV. S. 136. ff.

§. 1427. Die Kraft des Magnets, das Eiſen zu ziehen, wird verſtärkt, wenn man die Pole deſſelben ſehr glatt abſchleift und dünne eiſerne Platten, die ſich unten in einen dickern hervorſtehenden Fuß endigen, daran befeſtigt. Dieſe angelegten Platten ziehen nun weit mehr, als der Magnet ſelbſt.

§. 1428. Der auf dieſe Art vorgerichtete Magnet heißt **gewaffnet** oder **armirt** (armatus), und die Stücke Eiſen ſeine **Armaturen** oder **Panzer**. Um die Stärke der Anziehung des Eiſens durch Gewichte bequem auszufinden, dient ein eiſerner Stab, der mit ſeiner platten Seite an die **Füße** oder **künſtlichen**

Pole

Pole des Magnets anſchließt, und in der Mitte mit einem Haken zum Anhängen der Gewichte verſehen iſt. Man nennt dieſen Stab den **Anker**.

§. 1429. Die Wirkung des Magnets auf das Eiſen nimmt mit der Entfernung ab, und zwar in Verhältniß des Quadrats dieſer Entfernung. Herr **von Sauſſure** hat durch ſeine **Magnetometer** gefunden, daß die Kraft des Magnets gegen das Eiſen an verſchiedenen Orten veränderlich iſt.

Sauſſure Beſchreibung eines neuen Magnetometers; in ſeinen Reiſen durch die Alpen, Th. II. S. 126. ff.

§. 1430. Die Erfahrung lehrt, daß bey gleicher Entfernung die Intenſität der Anziehung zwiſchen Eiſen und Magnet dieſelbige bleibt, es mag zwiſchen beyden ein Mittel ſeyn, welches es will, nur nicht ein ſolches, das ſelbſt der Mittheilung des Magnetismus fähig iſt, als Eiſen. Auch im luftleeren Raume bleibt die Anziehung dieſelbige.

Hierauf gründen ſich allerley Spielereyen und Taſchenkünſte.

Verſuche: Die Magnetnadel wird vom Eiſen angezogen, auch wenn ſie unter Glas, hinter Meſſing, Bret, Büchern, u. dergl. ſteht.

Eine unter der Glocke der Luftpumpe im leeren Raume derſelbigen hängende Magnetnadel wird durch das äußerlich an die Glocke gehaltene Eiſen angezogen.

§. 1431. Der Magnet zieht nicht allein das Eiſen an, ſondern auch einen andern Magnet. Allein die Pole des Magnets ziehen ſich nicht ohne Unterſchied an, ſondern nur die **ungleichnamigen**; oder der Nordpol des einen Magnets zieht nur den Südpol des andern, und umgekehrt, und beyde hängen bey der Berührung ſtark zuſammen.

§. 1432. Die **gleichnamigen Pole** des Magnets hingegen, als der Nordpol des einen und der Nordpol des andern, der Südpol des einen und der Südpol des andern, ziehen ſich nicht nur nicht an, ſondern ſtoßen ſich ſogar zurück.

§. 1433. Hieraus folgt alſo das allgemeine Geſetz: **Ungleichnamige Pole der Magnete ziehen ſich an, gleichnamige Pole derſelben ſtoßen ſich ab.**

Verſuche: Der Nordpol des einen Magnets hängt mit dem Südpole eines andern zuſammen.

Zwiſchen dem Nordpole oder Südpole des einen und dem gleichnamigen des andern iſt keine Spur von Zuſammenhang zu merken, wenn ſie ſich berühren.

Ein Magnet, der an einer Waage ins Gleichgewicht gebracht iſt, wird bey der Annäherung der ungleichnamigen Pole eines andern Magnets herabgezogen, (ſo wie vom Eiſen,) bey Annäherung der gleichnamigen Pole aber in die Höhe geſtoßen.

Der Nordpol einer Magnetnadel flieht vor dem Nordpole des Magnets, und geht nach dem Südpole deſſelbigen zu, der hingegen wieder den Südpol der Magnetnadel abſtößt.

§. 1434. Wegen dieſer Wirkungen heißen die ungleichnamigen Pole zweyer Magnete auch **freundſchaftliche** (P. amici); die gleichnamigen, **feindſchaftliche** (P. inimici).

§. 1435. Die anziehenden und abſtoßenden Kräfte der magnetiſchen Materie verhalten ſich gerade, wie die magnetiſche Intenſität, und umgekehrt, wie das Quadrat ihrer Entfernungen. Herr **Coulomb** hat dieſes Geſetz durch ſeine ſinnreiche magnetiſche Waage bewieſen.

Abhandlung über den Magnetismus, von Hrn. Coulomb; im neuen Journal der Phyſik, B. II. S. 298. ff.

§. 1436. Das Eiſen, beſonders der Stahl, iſt der Mittheilung des Magnetismus fähig, und kann

die

die Eigenſchaften des Magnets, anderes Eiſen zu ziehen, und die Polarität erlangen. Das magnetiſch gemachte Eiſen oder ſolcher Stahl heißt überhaupt ein **künſtlicher Magnet**, und übertrifft an Wirkung oft den natürlichen.

§. 1437. Der Magnetismus kann dem Stahle und Eiſen auf verſchiedene Art durch einen natürlichen Magnet mitgetheilt werden. Schon dadurch, daß eine eiſerne oder ſtählerne Nadel an der Armatur eines natürlichen Magnets eine kurze Zeit hängt, erhält ſie das Vermögen, leichtes Eiſenfeil zu ziehen, und zeigt an der Spitze, womit ſie den Pol des Magnets berührte, den entgegengeſetzten Pol des Magnets, oder die Spitze der Nadel wird z. B. zum Südpole, wenn ſie an dem Nordpole des Magneten hing. In dieſer Mittheilung des Magnetismus liegt auch zum Theil der Grund, daß ſich an den am armirten Magnete hängenden Bart vom Eiſenfeil noch mehreres anlegt, und daß man auf dieſe Art eine große Menge Eiſenfeil ſchwebend erhalten kann.

§. 1438. Stärker und dauerhafter ertheilt man dem Stahle oder gutem Eiſen den Magnetismus durch das Streichen mit dem Magnete. Man hat eine doppelte Art: die eine heißt der **einfache Strich**; die andere, der **Doppelſtrich**. Um ſo etwa in einem eiſernen oder ſtählernen Stabe den Magnetismus zu erregen, ſo ſetzt man beym einfachen Striche auf den gehörig feſt liegenden Stab einen Pol des armirten Magneten in der Mitte des Stabes auf, und führt

ihn nach dem Ende zu ab, ſetzt ihn in der Mitte des Stabes wieder auf, und fährt ſo mit einem gelinden Striche mehrere Male fort. Das Ende der geriebenen Hälfte des Stabes wird der entgegengeſetzte, oder der ungleichnamige, oder der freundſchaftliche Pol des nördlichen Magnets, alſo zum Südpole, wenn man mit dem Nordpole dieſes Streichen verrichtete. So verfährt man nun auch mit der andern Hälfte des Stabes, ſetzt den andern Pol des armirten Magnets auf, und ſtreicht damit. Man muß hierbey überhaupt aber nicht die Pole verwechſeln, oder rückwärts ſtreichen.

§. 1439. Durch den Doppelſtrich (§. 1438.) magnetiſirt man den Stahl oder das Eiſen, wenn man den armirten Magnet mit ſeinen beyden Polen der Länge nach auf den Stab aufſetzt, und ſo der Länge nach mehrere Male von dem einen Ende bis zum andern reibt, und zuletzt den Magnet wieder von der Mitte des Stabes abführt. Das Ende des Stabes, welchem bey dieſem Reiben der Nordpol des armirten Magnets zunächſt war, wird zum Südpole, und das andere zum Nordpole.

§. 1440. Weiches Eiſen nimmt hierbey den Magnetismus leichter an, als hartes, oder als Stahl, verliert ihn aber auch leichter als dieſes. Und um ihn in den magnetiſirten Stäben zu erhalten, iſt es gut, zwey davon ſo neben einander aufzubewahren, daß ihre freundſchaftlichen Pole bey einander liegen und mit einem Anker geſchloſſen ſind.

§. 1441. Auf eine ähnliche Art macht man auch die magnetiſchen Hufeiſen, an denen man die Stärke der Anziehung gegen das Eiſen ebenfalls durch einen Anker und durch angehängte Gewichte, wie bey dem armirten Magneten (§. 1428.), beſtimmen kann.

§. 1442. Auch den Magnetnadeln (§. 1423.) wird auf dieſe Art der Magnetismus entweder durch den einfachen Strich oder den Doppelſtrich ertheilt. Sie werden aus dünnem Stahle bereitet, und ſind in der Mitte mit einem recht glatt ausgehöhlten Hute von Meſſing oder Achat verſehen, mit welchem ſie auf einer feinen Spitze horizontal ſchweben, und ſich frey darauf bewegen können. Ihre Vollkommenheit beruht auf ihrer gehörigen und ſymmetriſchen Figur, auf der Stärke des ihr mitgetheilten Magnetismus, und auf der Freyheit ihrer Bewegung.

Vom Compaß oder der Bouſſole, ſeinem Gebrauche und Nutzen.

Eine neue ſehr empfindliche Art der Aufhängung der Magnetnadeln vermittelſt der ſtarken Fäden der Kreuzſpinne hat Hr. Bennet angegeben.

Von einer neuen Art, die Magnetnadel aufzuhängen, von Herrn Bennet; im Journal der Phyſik, B. VII. S. 355 ff.

§. 1443. Jede Magnetnadel iſt, wie das Eiſen und der Stahl überhaupt, nur eines gewiſſen Grades des Magnetismus fähig, der nicht überſchritten werden kann, ſo ſtark auch die Magnete ſind, womit man ſie magnetiſirt.

§. 1444. Eben ſo hat Herr **Coulomb** gefunden, daß bey einer Magnetnadel die Summe der Kräfte, welche die Nadel oder einen Theil davon gegen Norden

den ſollicirt, genau gleich iſt der Summe der Kräfte, welche die Nadel oder ihren Theil gegen Süden ſollicitirt.

Coulomb a. a. O., S. 300.

§. 1445. Er hat ferner entdeckt, daß bey Magnetnadeln von verſchiedenen homologen Dimenſionen, aber von einerley Natur, wenn ſie bis zur Sättigung magnetiſirt worden ſind, ſich die Momente der dirigirenden Kräfte wie die Würfel der homologen Dimenſionen verhalten.

Coulomb a. a. O., S. 309.

§. 1446. Eine Magnetnadel wird durch das Magnetiſiren nicht ſchwerer und leichter, als ſie vor dem Magnetiſiren war.

§. 1447. Die Magnetnadeln und der Magnet richten ſich aber in den wenigſten Fällen genau nach Norden, und die Polarität derſelbigen gilt nur mit Einſchränkung. Wir finden vielmehr, daß die Magnetnadel an den meiſten Orten auf der Erde ſich von der wahren Richtung der Mittagslinie entweder nach Weſten oder nach Oſten zu mehr oder weniger abwendet, und daher der **magnetiſche Meridian** nicht mit dem **wahren Meridiane** immer übereinſtimmt. Der Winkel, welchen ſie auf dieſe Art mit der wahren Mittagslinie macht, heißt die **Abweichung** oder **Declination der Magnetnadel** (Declinatio ſ. Variatio acus magneticae).

§. 1448. Die Abweichung der Magnetnadel iſt an den verſchiedenen Stellen der Erde verſchieden.

Es

Es giebt einige Stellen, wo die Abweichung gar nicht Statt findet, oder wo die Richtung der Achſe der Nadel mit der Mittagslinie des Orts genau parallel iſt; andere, wo die Nadel weſtlich; andere, wo ſie öſtlich abweicht. Aus mehrern Beobachtungen hat man Karten entworfen, worauf dieſe **Abweichungslinien** der Nadel gezeichnet ſind (**Declinationskarten**).

§. 1449. Eine ſolche Linie auf der Erde, auf welcher die Magnetnadel nicht abweicht, geht von dem ſüdlichen Theile des großen indiſchen Meeres, und Neuholland, durch die philippiniſchen Inſeln, das ſüdliche China und durch Aſien, vermuthlich bis in das Eismeer zwiſchen Nova Zembla und Spitzbergen. Eine andere ſolche Linie, auf der keine Abweichung der Nadel Statt findet, geht durch das äthiopiſche Meer und einen Theil des atlantiſchen Meeres, bey dem Cap St. Auguſtin in Braſilien vorbey, und neben den Bermudiſchen Inſeln, endlich in die nordamericaniſchen Länder. Von dieſer letztern Linie an iſt auf der Erde nach Oſten zu die Abweichung der Magnetnadel weſtlich. Dieſe iſt alſo in ganz Europa, in Africa, in dem öſtlichen Theile der nordamericaniſchen Länder, und in dem ſüdlichen Theile des weſtlichen Aſiens weſtlich. Die Abweichung nimmt von jener Linie an immer mehr und mehr zu, bis im Oceane weſtwärts von Großbrittannien, und oſtwärts vom Vorgebirge der guten Hoffnung, wo ſie 1770 am größeſten war, nämlich 25°. Von hier an nimmt die Abweichung der Nadel immer mehr und mehr ab, je weiter man nach Oſten zu kommt, und wird im-

mer kleiner, bis ſie ſich an der erſten erwähnten Linie ohne Abweichung ganz wieder verliert. Von dieſer Linie an oſtwärts fängt die Abweichung an, öſtlich zu werden, und nimmt immer mehr und mehr zu. Die größte öſtliche Abweichung von 25° iſt unterhalb der ſüdlichen Spitze von America. Von hier an nimmt die öſtliche Abweichung wieder ab und verliert ſich endlich auf der angezeigten zweyten Linie ganz.

Berliner aſtronomiſches Jahrbuch für 1779.

§. 1450. Selbſt iſt aber auch an einerley Orten die Abweichung nicht zu allen Zeiten dieſelbige, ſondern leidet Veränderungen, (Variatio declinationis). Nach lange fortgeſetzten Beobachtungen zu Paris hat man gefunden, daß die Nadel vor dem Jahre 1666 öſtlich abwich; im Jahre 1666 hatte ſie keine Abweichung. Seit dieſer Zeit fing ſie an, immer mehr und mehr weſtlich abzuweichen, und im Jahre 1783 betrug dieſe weſtliche Declination 21° 4′. Jetzt ſcheint die weſtliche Abweichung daſelbſt wieder abzunehmen. Man ſieht hieraus leicht, daß die Declinationskarten nicht für immer dienen können. —

§. 1451. Aber die Zunahme der Abweichung der Nadel an einem und demſelbigen Orte iſt eigentlich oſcillirend, wie Herr Caſſini durch ſeine genauern Beobachtungen gefunden, und hat keinen conſtanten progreſſiven Gang, ſo daß es ein tägliches, monatliches, und jährliches Maximum und Minimum die-

ſer Abweichung giebt, welches zu verſchiedenen Zeiten gar ſehr verſchieden ſeyn kann, und woraus zugleich erhellet, wie unzuverläſſig es iſt, durch Eine Beobachtung die mittlere Declination der Nadel für einen Ort beſtimmen zu wollen.

Abweichung und Variation der Magnetnadel auf dem Königl. Obſervatorium zu Paris ſeit 1667 bis 1791 beobachtet. Von Herrn Caſſini; im Journal der Phyſik, B. VII. S. 418. ff.; B. VIII. S. 433. ff.

§. 1452. Wenn auch die Magnetnadel ſo gearbeitet war, daß ſie vor dem Streichen mit dem Magnete völlig waagerecht auf der Spitze ſchwebte, ſo findet man doch, nachdem ſie magnetiſirt worden iſt, daß ſie ihr Gleichgewicht in etwas verliert und ſich mit der einen Spitze unter den Horizont neigt. Der Winkel, welchen die dazu eingerichtete Nadel mit der Horizontallinie macht, heißt die **Neigung** oder **Inclination** der Magnetnadel (Inclinatio acus magneticae.)

§. 1453. Um die Magnetnadel ſo aufzuhängen, daß ſie die Inclination ungehindert zeigt, dient die gewöhnliche Einrichtung mit dem Hute nicht, ſondern ſie wird vielmehr mit Zapfen verſehen, an welchen ſie in der Mitte eines Ringes hängt. (**Neigungsnadel, Neigungscompaß**) Um die Neigung gehörig zu bemerken, muß die Nadel auch zugleich im magnetiſchen Meridiane ſtehen. Denn wenn ihre Achſe nicht im magnetiſchen Meridiane iſt, ſo ſind die Neigungen größer, und wenn ſie den magneti-

gnetiſchen Meridian rechtwinklig durchſchneidet, ſo ſteht ſie gar völlig lothrecht, wenn ſie anders gut und fein genug gearbeitet iſt.

Wolfs nützliche Verſuche, Th. III. Kap. 4. §. 61. Recueil des pièces ſur les bouſſoles d'inclinaiſon, à Paris 1748. 4. Branders und Höſchels Beſchreibung des magnetiſchen Declinatorii und Inclinatorii, Augsb. 1779. 8.

§. 1454. In dem größten Theile der nördlichen Halbkugel unſrer Erde iſt es der Nordpol der Magnetnadel, der ſich gegen die Horizontalebene neigt. Dieſe Neigung iſt nicht an allen Orten gleich ſtark, und nimmt zu, je weiter der Ort vom Aequator abſteht, oder je größer ſeine Breite iſt. In der ſüdlichen Hälfte unſerer Erde macht die Spitze des Südpols der Magnetnadel die Neigung, und dieſe nimmt ebenfalls nach Verhältniß der Breite des Orts zu. Sonſt iſt die Inclination der Nadel, ſo wie ihre Declination, mancherley zufälligen Veränderungen unterworfen.

Beobachtungen neuerer Zeiten über die Größe der Neigung der Nadel hat Herr Cavallo in einer Tabelle zuſammengeſtellt: Theoretiſche und practiſche Abhandlung der Lehre vom Magnete, mit eigenen Verſuchen, von Tiber. Cavallo, aus dem Engl. Leipz. 1788. 8.

§. 1455. In Eiſen und Stahl kann der Magnetismus auch urſprünglich hervorgebracht werden, ohne Beyhülfe eines natürlichen oder künſtlichen Magnets, und alſo ohne Mittheilung des Magnetismus. Man hat gefunden, daß eiſerne Stangen und Stifte, wenn ſie eine Zeit lang in lothrechter Stellung

aufgeſtellt wurden, wenigſtens Polaritát zeigten, noch mehr, wenn ſie im magnetiſchen Meridiane unter einem Winkel gegen den Horizont geneigt ſtanden, wie es die Inclinationsnadel angiebt. Das untere Ende eines ſolchen Stabes ſtößt den Nordpol der Magnetnadel, und zieht den Südpol. Es iſt alſo ſelbſt der Nordpol. Die Polaritát iſt aber nur von gar kurzer Dauer und verliert ſich bey einer horizontalen Stellung bald wieder. So kann man auch augenblicklich Polaritát in einer eiſernen Stange zuwege bringen, wenn man ſie lothrecht in der Hand hált, und mit einem Hammer oder Schlüſſel von einem Ende der Stange bis zum andern Ende ſanft klopft. Das untere Ende wird der Nordpol, das obere der Südpol. Durch Umkehren der Stange und neues Anſchlagen kann man die Pole leicht wieder verwechſeln. Stáhlerne Werkzeuge, womit man kaltes Eiſen bohrt oder ſchneidet, werden an der Spitze oft magnetiſch; ingleichen zeigt das Eiſen Polaritát, wenn es glühend im kalten Waſſer abgelöſcht iſt oder gewaltſam zerbrochen wird. Durch die electriſchen Funken hat man magnetiſche Kraft in dem Eiſen entſtehen, durch ſtárkere ſie aber auch wieder verſchwinden ſehen.

§. 1456. Außer mehrern von Herrn Knigth, Mitchell, Canton, Ingenhouß, ausgefundenen Methoden, den Magnetismus im Eiſen urſprünglich zu erregen, hat beſonders Herr Antheaume eine Methode bekannt gemacht, nach welcher man leicht und bequem

quem den Magnetismus im Eiſen urſprünglich erwe-cken und ſehr ſtark machen kann.

Knight, in den *philoſ. transact.* Vol. LXIX. S. 51. ff. A Treatiſe of artificial magnets, by *J. Mitchell*, Lond. 1750. 8. *Canton*, in den *philoſ. transact.* Vol. XLVII. S. 31. ff., und überſetzt im Hamburg. Mag. B. VIII. S. 339. Ingenhouſz vermiſchte Schriften, B. I. S. 409. ff. Mémoire ſur les aimants artificiels, qui a remporté le prix de l'acad. de Petersb., par Mr. *Antheaulme*, à Paris 1760. Karſtens Entw. der Naturwiſſenſchaft, §. 1583. ff.

§. 1457. Der natürliche Magnet ſo wohl als der künſtliche verliert ſeinen Magnetismus gänzlich durch das Glühen im Feuer und durch das Calciniren. So wird auch dem Stahle oder Eiſen der Magnetismus durch ſtarkes Werfen, Krummbiegen, oder durch Rückwärtsſtreichen bald wieder geraubt. Wie man in den magnetiſirten Stäben den Magnetismus dauerhaft erhalte, das habe ich oben (§. 1440. ſchon angeführt. Eben ſo bewahrt man auch am beſten armirte Magnete oder magnetiſche Hufeiſen auf, indem man ſie paarweiſe mit ihren freundſchaftlichen Polen an einander legt.

§. 1458. Noch iſt hier folgendes, von Herrn Brugmans entdeckte, Phänomen beym Streichen eines Stabes von Eiſen oder Stahl mit dem Magnete, zu erwähnen. In jedem Stabe, er ſey von Eiſen oder Stahl, AC (Fig. 176.) giebt es zwey Puncte M und N, die ſo beſchaffen ſind, daß, wenn man bey ihnen mit dem Streichen eines ſtarken Magnets,

womit

womit man an einem Ende, wie in A, angefangen hat, aufhört, bald in A, bald in C keine magnetiſche Kraft hervorgebracht wird. Wenn man nämlich nur bis M geſtrichen hat, ſo wird in A kein Magnetismus erſcheinen; ſtreicht man bis N, ſo wird er am andern Ende C mangeln, ob man gleich, wenn man dies- oder jenſeits der Puncte M und N mit Streichen aufhört, einen bemerkbaren Magnetismus an beyden Enden hervorbringt. Herr **Brugmans** nennt dieſe Puncte M und N **Indifferenzpuncte**, weil die Enden der Stäbe, die bis dahin geſtrichen werden, auf die Pole einer Magnetnadel ohne Unterſchied, (indifferent,) wirken, und beyde mit gleicher Leichtigkeit anziehen.

Philoſophiſche Verſuche über die magnetiſche Materie und deren Wirkung in Eiſen und Magnet, aus dem Lat. des Herrn Anton Brugmans überſetzt herausgegeben von Chriſt. Gotth. Eſchenbach. Leipzig 1784. 8. S. 70. ff.

§. 1459. Herr **van Swinden**, der die Theorie der Indifferenzpuncte des Herrn **Brugmans** mit ſehr vielem Scharfſinne unterſucht hat, ſetzte zu dieſen Indifferenzpuncten noch einen **culminirenden** Punct, mit dem es folgende Bewandtniß hat. Wenn man das eiſerne Stäbchen AC mit dem Pole eines Magnets, z. B. mit dem Nordpole, von A nach C ſtreicht, ſo erſcheint im Anfange in A der Südpol und in C der Nordpol, deſſen Kraft immer zunimmt, indem man den Magnet durch einen beſtimmten Raum von A fortführt. Es iſt aber ein Punct in dem Stäbchen AC von der Eigenſchaft, daß, wenn der Magnet

vom Ende A bis dahin geführt worden, alsdann das Maximum der nördlichen Kraft an dem Ende C beobachtet werde. Dieſen Punct nennt Herr **van Swinden** den **culminirenden Punct** (Punctum culminans), weil, wenn man diesſeits oder jenſeits dieſes Punctes mit Streichen aufhört, die Polarkraft am Ende C allemal ſchwächer iſt. Herr **van Swinden** zeigt durch ſeine Verſuche, daß die drey Puncte, nämlich der culminirende Punct und die beyden Indifferenzpuncte, nicht nur von der Länge und Dicke des eiſernen Drahtes oder Stabes, ſondern auch von der Härte des Eiſens und der Stärke des Magnets abhängen.

Brugmans a. a. O. S. 81. f. Tentamina theoriae mathematicae de phaenomenis magneticis. Specimen I. ſiſtens principia generalia ad novam punctorum indifferentiae et puncti culminantis theoriam. Franequ. 4. mai.

Ueber die magnetiſche Intenſität jedes Punctes einer Magnetnadel hat Herr Coulomb ſehr lehrreiche Erfahrungen angeſtellt.

Coulombs oben (§. 1435.) angef. Abhandl.

§. 1460. Jede Theorie über den Magnetismus iſt bis jetzt unzureichend geweſen. Noch ſind unſere Kenntniſſe über die Erſcheinungen ſelbſt nicht weit genug vorgerückt, und die Thatſachen ſelbſt noch nicht genugſam vervielfältigt, um darauf ein Lehrgebäude errichten zu dürfen.

* *
*

Petri van Muſchenbroek diſſert. phyſica experimentalis de magnete; in ſeinen *diſſ. phyſ. et geom.* S. 1. ff.

Leon.

Leon. Euleri opuſculor. T. III. continens novam theoriam magnetis. Berol. 1751. 4.

Tentamen theoriae electricitatis et magnetiſmi, auctore *F. V. T. Aepino* Petropol. (1759.) 4.

Herrn Anton Brugmans Beobachtungen über die Verwandtſchaften des Magnets, aus dem Lat. von C. G. Eſchenbach. Leipz. 1781. 8.

Theoretiſche und practiſche Abhandlung der Lehre vom Magnete, mit eignen Verſuchen, von Tiberius Cavallo, aus dem Engl. Leipzig 1788. 8.

Vom Urſprunge der magnetiſchen Kräfte, von Hrn. P. Prevoſt, aus dem Franz. von Dav. Lud. Bourguet. Halle 1794. 8.

Regiſter.

Regiſter.

Die Zahlen bedeuten die Paragraphen, N. bedeutet die Note.

A.

Aal, electriſcher 1391
Abſüßen 267
Abſidenlinien aller Planeten u. ihre Beweg. 271. N. 11
Abweichung der Magnetnadel 1447 f. Abweichungslinien derſelben 1448 ff.
Acetum lythargyri. Acetite de plomb. 1117. N.
Acida. Acides. 864. Acidum oxalicum 1161. boruſſicum 1176
Actio corporis, actio in corpus 104. N.
Aderhaut des Auges 752
Aeolipila 588
Aepfelſäure 864. 1135. 1163.
Aepfelwein 1189
Aequilibriſtenkünſte 281
Aes 1073. N.
Aether, unter der Luftpumpe 138. N. beym Lichte, und Eulers 798 u. N.
Aethiops, per ſe 1116. N. martialis 1119. N.
Affinitas ſynthetica 174. electiva ſimplex 176
Aggregatio 115
Alaun 895. 971
Alaunerde 905
Alkali, Alcalien 874 ff. Charakter derſelb. 874 f. ätzende 876. Arten derſelb. 877. flüchtiges 882. als Auflöſungsmittel für Schwefel 981. alcalia cauſtica, volatilia 876 ff.
Alcannatinctur 743. N. rothe, als Reagens für Alcalien 875
Alcohol, Aufſteigen deſſelben in Haarröhrchen 157. N. eigenthüml. Gewicht deſſelben 368. Gewicht deſſelben b. Vermiſch. m. Waſſer 369. N. 3. 1192. Charakter u. Phänom. deſſelb. 1193 ff.
Alcoholometer 364
Alumine 118. 905
Amalgama 1116. N.
Ameiſenſäure 1174. 1184
Ammoniak 882-885. kohlenſaures 957. phosphorſaures 1037. ſalzigtſaures 1051. bey Pflanzen 1144. bey d. Fäulniß 1214. 1217
Ammoniakgas 882-885. 957. 1000. Ausdehnung deſſelben durch Wärme 562. N.
Amylum 1157
Analyſis 115
Anamorphoſen, catoptriſche 691. dioptriſche 703
Anatom. Heber, Wolfs 317 N.
Anker des Magnets 1428
Angulus incidentiae, reflexionis 304. N 669. refractionis, refractus 693. opticus, viſorius 766

Anti-

Antimonium diaphoreticum 1126 N.
Antiphlogiſtiſch. Syſtem 841
Antlia, aſpirans ſuctoria 409. vinopolarum 410. pneumatica 424
Anziehungskraft 39 f.
Apparat, phyſiſcher 13. zur Beſtimmung der Länge des Secundenpenduls 260. N. pneumatiſch-chemiſcher 608 f. zur Waſſer- und Säureerzeugung 921 u. N.
Aqua regis 1060
Archimedeiſch. Probl. 369. N.
Arbor Dianae, A. Saturni, A. Iovis 1105. N.
Area 101. N.
Areometer 360. mit Scalen 360. Fahrenheitiſches, Ciarcy'ſches, Nicholſonſches 365 f.
Argent., fulminans 1115. N. vivum 1116
Argilla 905
Arm des Menſchen als Hebel 283. N.
Armatura 1331. 1428. Armatur des Magnets 1428
Arſenik 118. 1067. Verdampfung deſſelben. 580. N. Charakter deſſelben 1124. weißer 1124. N.
Arſenikkalk, Arſenikmetall 1124. u. N.
Arſeniksäure 864. 870. 872. 1124
Aſche, und Gewächsalkali derſelben 1146
Athmen, Mechanismus deſſelben 410
Atmoſphäre 829. electriſche 1254. 1307. 1313
Atome 45
Atomiſtiſches Syſtem 45
Attraction 39 f.
Aufbrauſen 190. 606
Aufhängungspunct 277
Auflöſung 179 ff. auf naſſem und trockenem Wege 187. partielle, totale 189. bey Gasarten 606
Auflöſungsmittel 180
Auge, Beſchaffenh. u. Theile deſſelben 748 ff.
Augapfel, Augenhöhl., Augenlieder, Augenwimpern 749 f.
Augenglas 781
Augenmaaß 770
Augennerve 751
Aurum fulminans 1113. N.
Ausdehnung 30 f.
Ausdünſtung 598. des Menſchen 627. unmerkliche, des Waſſers 940
Auslader, electriſcher, Henly's allgemeiner 1339. N.
Auslaugen der Aſche 1146
Auſtralerde 118. 892. 910
Austrocknen d. Pflanz. 1136
Axis in peritrochio 294
Axungia 1179
Azote 118

B.

Bärlappſaamen, Wirkung deſſelben 151. N.
Bahn der Körper 65. paraboliſche geworfener ſchwerer Körper 268
Balancierkünſte 281
Balſam, natürlicher 1151
Barometer 395 ff. heberförmiges 397. genaue Einrichtung deſſelben 398 f.

Morlands ſchief liegendes 401. Bernouilli's rechtwinkliges 401. Leuchten deſſelben 1388
Barometerprobe, gewöhnliche 433. heberförmige 434.
Baroſkop 395
Baryte 906
Baſe acidifiable, acidifiant 865
Baſis, ponderabele 135. bey Dämpfen 591 f. bey Gasarten, ſ. jede unter ihrem Buchſtaben
Batterie, electriſche 1346
Baumöhl, Phänomen deſſelben 974
Bedeckungen des Objectivglaſes 781
Belegung, bey der Electricität 1331 f.
Benzoeblumen 1164. Benzoeharz 1164
Benzoeſäure 864. 1135. 1164.
Beobachtung 11
Berlinerblau 1119. N. 1176.
Bernſtein, Phänomen deſſelben 1229
Bernſteinſäure 864
Beſchlagen der Gebäude 944
Beſtandtheile 112. nähere, entferntere 116. nähere, unmittelbare der organiſchen Körper 1134. der Pflanzenkörper 1135 ff. d. thieriſch. Körp. 1173 ff.
Beugung des Lichts, ſ. Licht.
Bewegung, abſolute, relative 56. eigne, gemeinſchaftliche 59. wirkliche, ſcheinbare 60. N. krummlinige 67. gleichförmige, veränderte oder ungleichförmige; verminderte, beſchleunigte; gleichförmig-, ungleichförmig-beſchleunigte; gleichförmig-, ungleichförmig-verminderte 72. einfache 81. zuſammengeſetzte 86. Geſetz der zuſammengeſetzten 87. gerade, ſchiefe 93. geradlinige, krummlinige 96 f. Central- 99 Kreis- 101. N. Größe derſelben 105. 108. Zeit derſelben 69
Bewegungspunct 282
Bewegungslehre, reine 54 ff.
Bier 1189
Bierwaage 360
Bild des Gegenſtandes bey Spiegeln, ſ. Spiegel 682 ff. bey erhabenen Gläſern 711 f. mathematiſches, phyſiſches 715
Bildung der Kryſtalle, organiſcher Körper 144 u. N.
Bildungstrieb, Blumenbachs 144 N.
Billard 95. 305
Birnprobe, Smeatons 437
Bittererde, Bitterſalzerde 903. N.
Bitterſalz 971
Blaſe, Zerreißen derſelben bey der Luftpumpe 386. N. 439. Aufſchwellen derſelb. durch Hitze 563. N.
Blaſebalg, Füllen deſſelb. mit Luft 410. Wirkung deſſelben 828
Blauſäure 864. 870. 1176
Blaue Stärke 1125. N.
Bleichen der Leinwand und Baumwolle 1055

Blendung, im Auge 753 in Fernröhren 781
Bley 118. 1067. Charakter deſſelben 1117
Bleyaſche 1117 u. N.
Bleybaum 143. N. 1105. N.
Bleyeſſig, Bleyglätte, Bleyglas, Bleykalk, Bleyzucker 1117. N.
Blumen, chemiſche 143. N.
Bologneſerflaſchen 127. N.
Boracit 1066. zeigt Electricität 1390 u. N.
Borax 1065
Boraxſäure 864. Radical derſelben 912. 1065 f.
Bouſſole 1442. N.
Bouteillen, Schwimmen derſelben 348. N.
Branntwein 1191
Branntweinwaage 364
Braunſchw. Grün 1118. N.
Braunſtein, als Beſtandtheil des Sauerſtoffgas 831 f. roher, Braunſteinmetall 1127 u. N.
Brechbarkeit, Brechung des Lichts; ſ. Licht, Lichtſtrahlen.
Brechungsſinus 697
Brechungsverhältniß 697
Brechungswinkel 693
Brechweinſtein 1126. N.
Breite 31
Brennbares Weſen; ſiehe Brennſtoff.
Brenngläſer 817. Tſchirnhauſ., Troudainiſche 819
Brennpunct 673. eingebildeter 676. bey Linſen 707. 714. Entfernung deſſelben practiſch zu finden 710 Urſach der Benennung deſſelben 817 f.
Brennſpiegel 817 f. Villettiſche, Tſchirnhauſ. 818
Brennſtoff 118. 803. 840 f.
Brennweite 673. b. Linſen 708
Brenzlicher Geruch und Geſchmack bey Pflanzen 1137
Brillen 775
Bronze 1073 N.
Brunnen, Wirkung der natürlichen 394. Kirchers 394 Sturms intermittirender 410
Bulbus oculi 749
Butyrum ſtanni 1220. N. antimonii 1126. N.
Butter 1179

C.

Cacholonge, zeigen Licht 823
Calcinatio 1075
Caloricum. Calorique 487
Calx, viva, uſta 900. plumbi gryſea 1117 N.
Calorimeter 632
Cambria 910
Camera clara, Rheinthaleriſche 713
Camera obſcura, des B. Porta, optiſche, dioptriſche, tragbare 713
Caoutchouc 1154
Carbone 118. 950
Carbures metalliques 1112
Carmin, blauer 1128. N.
Carteſian. Teufelchen 348. N.
Cathetus incidentiae 669
Centralbewegung, ſchwerer Körper 270 ff. der Himmelskörper 270 f.
Centralkräfte 100. Centripetalkraft 99. 270 f. Maaß derſelben 100. Centrifugalkraft 100. Wirkung derſelben beym Pendul 261 Cen-

Centrum, virium 99. oſcillationis 257. gravitatis 272 f. motus 282
Ceruſſa, alba, citrina 1117. N.
Chalybs 1119. N.
Chamäleon, mineral. 1127. N.
Chaux 118. 900
Cichorienwurzel, entzündet ſich 849
Cider 1189
Ciliarkreis 752
Cineres clavellati 1146
Circonie 118. 909
Circulus oſculat. 101. N. 18
Citronenſäure 1135
Cochenille 44. N.
Cohärenz 146 ff.
Cohäſion 146 ff. Geſetz derſelben 149
Colla 1155
Collectivglas 819
Collector, electriſcher 1384 f.
Combuſtio 823
Compaß 1442. N.
Compoſit. d. Färber 1120 N.
Compreſſionspumpe 413
Condenſator, electr. 1376 ff.
Conductor, non conductor 1236
Congelatio 576
Conſpiriren 90
Continuum 42
Contractilität 126
Convergenz; ſ. Lichtſtrahlen.
Copernicaniſche Weltordnung 271 N.
Corpora, ſolida, liquida, fluida, expanſibilia 122. rigida 124. ductilia, fragilia 125. lucentia 641 opaca, transparentia, diaphana, pellucida 642. volatilia, fixa 600. ſonora 449. anelectrica, idioelectrica 1236. 1241
Corpuscularisten 798. N.
Crocus Martis 1119. N.
Crownglas 788 f.
Cucurbitula ſcarificat. 410
Culminirender Punct, beym Magnetismus 1459
Curcumatinctur 743 N.
Cuprum ammon. 1118 N.
Cykloide 255
Cylinder, Muſchenbröckiſche 147. N. Schwerpunct derſelben 274. Hinaufſteigen deſſelben auf einer ſchiefen Ebene 281. klingende 467
Cylindermaſchinen, bey der Electricität 1257

D.

Dammerde 1227 f.
Dampf, Dämpfe 136. 370 f. 578. Urſprung und Theorie deſſelben 579 f. abſolute Elaſticität deſſelben 584 f. Gewalt des eingeſchloſſenen 586. Zerſetzung derſelben 599
Dampfbildung 578 ff.
Dampfblaſen 590
Dampfkugel 588
Dampfmaſchine, Watts und Grens 588
Daſymetrum 445
Declinatio acus magneticae 1447
Declinationskarten 1448
Desoxidation, Desoxidirung 842. bey Metallen 1085
Deſtilliren 599
Deſtillirapparat des Lavoiſier 611

Deto-

Detonatio 1022
Diabetes 394
Diagonalmaſchine, Eberhards 87. N.
Dianenbaum 143. N.
Diaphonometer 661 N.
Dicht, vollkommen, abſol. 47
Dichtigkeit 48. Regeln derſelben 52
Diffractio lucis 747
Digeſtor Papini 588
Directe 93. directio 66
Diſtantia focalis 673
Diſtanzen, mittlere 101 N.
Divergenz; ſ. Lichtſtrahlen.
Divergiren 90
Dörren der Pflanzen 1136
Doppelbarometer, Huygenſches, Hookſches, de la Hire'ſches 401
Dreyeck, Schwerpunct deſſelben 274
Druckpumpe 413
Dünger 1228
Dunkelheit 640
Dunſt; ſ. Dampf.
Duplicator, electriſcher 1386
Dura mater 751
Durchſichtigkeit 745
Dynamiſches Syſtem 46 f.

E.

Ebbe und Fluth 271. N.
Ebene, horizont. 197. ſchiefe, geneigte, inclinirte 228 f.
Echo, einſylb., vielf. 484 f.
Ecliptik, Abnehmen d. Schiefe derſelben 271. N.
Edelgeſteine, künſtliche 1078
Efferveſcentia 190. 606
Eimer voll Waſſer, Verſuch damit 281
Einäſchern, d. Pflanzen 1138
Einfallsloth 669. 693. Einfallspunct 693. Einfallsſinus 697. Einfallswinkel 669. 693
Eintauchen der Körper in Flüſſigkeiten 341 f.
Eis 144. N. eigenthüml. Gewicht deſſelben 368. Verwandlung deſſelb. in tropfbar-flüſſiges Waſſer 613. ſchmelzendes, Fixität des Gefrierpunctes bey demſelben 619 Verfertigung deſſelben in Oſtindien 626. Phänomene und Kryſtalliſation deſſelben. 931 f. geringeres Gewicht deſſelben als des Waſſers 935. Aufthauen deſſelben 936
Eisapparat 633
Eiſen 144. N. 1067. Charakt. deſſelben 1119. geſchmeidiges, ſchwefelſaures, blauſaures 1119 u. N.
Eiſenfeil, Phän. davon 849 f. magnetiſche Phänom. deſſelben 1420 f.
Eiſenkalk, vollkommener, unvollkommener. Eiſenmohr. Eiſenvitriol 1119 N. 116. N 743. N.
Eiſenſtein, magnetiſcher 1420
Elaſticität 126. abſolute des Fluidi 403. der eingeſchloſſenen Luft durch Wärme vermehrt 563 f.
Elaſticitätszeiger, Smeat. 437
Elaſtiſches Harz 126. N.
Elaterometer, für Dämpfe 404. 432. 584. N.
Electricität 1230 ff. mitgetheilte, urſprüngliche 1242. Quantität der mitgetheilten

ten 1246. Intenſität derſelben 1254. entgegengeſetzte 1284 ff. Geſetze derſelben 1301 ff. gleichartige, zeigt Abſtoßen 1302 ff. ungleichartige, zeigt Anziehen 1305 ff. Mittheilung, Vertheil. derſ. 1310 f. Theorie d. entgegengeſetzten 1313 ff. Franklins, dualiſtiſches oder Symmers Syſtem derſelb. 1313 ff. natürlicher, poſitiv, u. negativ, electriſcher Zuſtand derſelben 1313 f. verſtärkte 1328 ff. Phänomene der verſtärkten 1347. Erſcheinungen derſelben im luftleeren Raume 1387 b. 1389. einige beſondere Arten derſelben 1390 ff. Galvani's thieriſche 1403 ff.
Electricitätsſammler 1384
Electricitätsträger, beſtändiger 1354
Electriſch, electriſirt 1230. electriſiren 1241. negativ-, poſitiv-electr. 1313. 1348 f.
Electriſche Materie 1229 ff. Bemerkungen über d. Natur und Zuſammenſetzung derſelben 1408 ff. iſt imponderabele Subſt. 1409 f. iſt expanſibel. Fluid. 1411 f. iſt Lichtmaterie 1414 f.
Electriſch. Fluid. 1230. 1407. Quantität, und Coulombs Geſetze deſſelben 1248
Electriſirmaſchine 1256 ff. weſentliche Theile derſelben 1256. verſchiedene Arten derſelben 1257 N.
Electrometer, verſchiedene Arten deſſelben 1304
Electrophor 1354 ff. Theile deſſelben: Kuchen, Form, Teller, Schüſſel, Deckel, Trommel, Conductor, Baſis 1355 ff. Verſuche und Phänomene deſſ. 1360 ff.
Elemente 116. N. der Peripatetiker 118. N.
Elementarwelt 328 N.
Ellipſe 101. N. 674
Elongationswinkel 246
Email 1078. 1120. Emailmahlen 1078
Emanationsſyſt. d. Lichts 798 f.
Embolus 425
Empyreuma 1137
Endgeſchwindigkeit 74 f. 217 f.
Engyſcopium 776
Entbindungsflaſche bey Gasarten 611
Entfernungen der Gegenſtände beym Sehen 770 ff.
Entzündlicher Grundſtoff; ſ. Brennſtoff.
Entzündung; ſ. Verbrennen.
Erdachſe, Wanken derſelben 271. N.
Erden 890 ff. einfache u. deren acht Arten 891. 892. alkaliſche, abſorbirende 893. Erden und Steine, eigenthümliches Gewicht derſelben 368
Erderſchütterungen, Urſach derſelben ſind Dämpfe 586
Erdharze, eigenthümlich. Gewicht derſelben 368
Erdrohr 784
Erfahrungen 10 ff.
Erhitzung und Erkältung der Körper 527. Richmanniſche Verſuche darüber 533

Erklärungen 16 f. analogiſche 18. Regeln derſelben 19 f.
Erklärungsart, hypothetiſche, categoriſche 16
Erleuchtung 640. Stärke derſelben 655
Erſcheinungen 5 — 10
Erſchütterungsverſuch, electr. Erſchütterungsflaſche, Leidner, Kleiſtiſche 1329. Erſchütterungskreis 1334
Erze 1106. eigenthümliches Gewicht derſelben 368
Eſſig 1198. deſtillirter 1204. radicaler 1205 N.
Eſſigfermente 1202
Eſſiggährung 1186. Theorie derſelben 1198 ff.
Eſſigmutter 1199. Eſſignaphtha 1196
Eſſigſäure 864. 1143. 1203 ff. reine, concentrirte 1204 f.
Eudiometer 850 f. Guytonſches 988
Evaporatio 598
Exhalatio 598
Expanſibilität, Expanſivkraft; ſ. Körper.
Experimentum 11
Exploſion, electriſche 1351
Ey, ſinkt im Waſſer, ſchwimmt in Salzſoole, ſchwebt in der Vermiſchung von beyden 338. N.
Eyweißſtoff 1135. 1158. bey Thieren 1174. Charakter deſſelben 1180

F.

Fällung, Fällungsmittel 191 f.
Fäulniß 1186. 1212 ff. eigentliche 1214 f.
Fall, der Körper 196. freyer, der ſchweren Körper u. deſſen Geſetze 212 ff. auf der ſchiefen Ebene 228 ff. in krummer Linie 239
Fallhöhe 214 f. Beſtimmung derſelben durch das Pendul 215. N.
Farben, beym Prisma u ſ. w. Theorie u. Phänomene derſelb. 716 ff. vermiſchte, zuſammengeſetzte 739. Veränderung derſ. durch Veränderung d. Miſchung 743. Charakter derſelb. bey Körpern 814. ungleiche Erwärmung verſchiedentlich gefärbter Körper durch Sonnenfeuer 815
Farbenbild 716
Farbentheor., Newtons 716 f.
Faſerſtoff, bey Thieren 1174. Beſchaffenheit deſſ. 1181
Federharz 1135. Charakter deſſelben 1154
Federkraft 126 f.
Fenſter, Gefrieren derſelben 144. N. Schwitzen derſelben 944
Fermentatio, vinoſa, acida, putrida 1186. fermentum 1190
Fernambuctinctur 743. N.
Fernröhre, achromatiſche 733. 787 f. Dioptriſche, catadioptriſche 780 f. Holländiſches, Galileiſches 782. Kepleriſches 783. Erdrohr 784. Dollondiſches 787 f.
Ferrum, cuſum, ductile, crudum 1119
Feſtigkeit 128

Fette,

Fette, thieriſche, eigenthümliches Gewicht derſelben 368. Beſchaffenheit derſelben 1174. 1179

Feu, propagé, gené 615. portatif 1036

Feuchtigkeiten des Auges 750. 755 f.

Feuer 799 f. 816

Feuerfontaine 563. N.

Feuermaſchine, Watts und Grens 588

Figur 31

Finder, beym Newtonſchen Spiegelteleſkop 793

Finſterniß 640

Fiſch, Aufſteigen und Niederſinken deſſelben im Waſſer 348. N.

Fiſchbeinhygrometer 947

Fläche, eines reflectirenden Körpers, ebene, krumme, concave ſphäriſche reflectirende 671 f. convexe reflectirende ſphäriſche 676 f.

Flächenraum 101. N.

Flamme, und ihre verſchiedenen Farben 845 und N. bey Pflanzen 1138

Flaſche, von elaſtiſchem Harze 408. N. belegte electriſche 1331

Flaſchenzug 294

Flatterruß 1139

Fliehkraft 271. N. 12

Flintglas, bey Fernröhren 788 f. eigenthümliches Gewicht deſſelben 368. Brechungsverhältniß deſſelben 697

Flotter und nager. Unterſchied dabey 348 N.

Fluor. mineralis 1064

Fluß 1064. Flüſſe, chemiſche 574

Flüſſigkeiten, ſtrahlende 133. tropfbare, Ausdehnung derſelben durch Wärme 588 f. elaſtiſche Ausdehnung derſ. durch Wärme 561. convexe und concave Fläche derſelben 152. N. 153. N. 163. Herabfließen u. Nichtherabfließen derſelben von der Wand eines Gefäßes 164 u. N. Aufſteigen derſ. in Löſchpapier, Schwamm u. andern K. 166. Durchfließen derſ. durch Löſchpapier, Filz u. dergl. 166. Hinderniß daran 166. ſtehen in den Haarröhrchen tiefer als auswendig 167 u. N. gleichartige, allgem. Satz derſ. 313. ſpirituöſe, eigenthüml. Gewicht derſ. 368. ſchwere expanſibele od. elaſt. 370 ff. ſaure, beym Holze 1143

Flußſäure 864. Radical derſelben 912

Flüſſigtſaures Gas 1062

Flußſpath 1061. natürliches Leuchten deſſelben 1064

Flußſpathſäure 1061 f.

Flußſpathſaures Gas 1062

Focus 673

Folgerungen 10

Follis hydroſtaticus 317 N.

Fontainen 316 N.

Fonticulus compreſſionis 414

Form, der Materien 122 ff. der Aggregation 122

Foſſilien, primitive Formen derſelben 145 u. N.

Fraterna caritas 394
Friction 228. N.
Froſch, electriſche Verſuche damit 1392 ff.
Froſtpunct, beym Thermometer, künſtlicher 501. natürlicher 502
Fulcrum 282
Fuligo 1139
Fundamentalabſtand, beym Thermometer 501
Fundamentalelectrometer 1304. N.
Funken, ſcheinbare beym Auge 797. Feuerfunken 823. electriſche 1249. 1322
Fuſio 569

G.

Gährung 1185. weinigte, ſaure, fauligte 1186. des Brotteiges 1211. faulende, Theorie und Phänomene derſelben 1212 ff.
Gährungsmittel 1190
Gäſch 958. 1188
Gallerte 1174. 1178
Gallusſäure 864. 1178
Galmey, kryſtalliſirtes, zeigt Electricität 1390
Ganzmetalle 1069
Gas, Gasarten, luftförmige 136. 370 f. 601. Ausdehnung derſelben durch Wärme 562. Beſtandtheile derſelben ſind Baſis und Wärmeſtoff 602. Verſchiedene Arten, ſ. jede unter dem Buchſtaben ihrer Stoffe, ſchweres brennbares 1141. bey der Fäulniß 1218. 1221 f.
Gas, oxicum, azotum 829 f. hydrogenium 916. carbonicum 954. ſulphuroſum 976. nitroſum 1010. muriaticum, muriatoſum 1050. hydrogenium carboneatum 1141
Gasbildung 601 ff.
Gazometer 921
Gebäude, Stellung deſſelben, als wenn es fallen ſollte 281
Gefäßhaut des Auges 751
Gefrieren 576 f.
Gefüge 139. 143.
Gegenkraft. Gegenwirkung 104
Gelatina 1178
Geißfuß der Maurer, als Hebel 283. N.
Geiſt, brennbarer 1191
Geräuſch. Getöſe 455
Geruch, brenzlicher 1137. fauliger, dummliger, urinöſer und Effluvium deſſelben 1214 — 1217
Geſchichte der Naturwiſſenſchaft 26
Geſchützkugel 268. N.
Geſchwindigkeit 71 ff. 105. gefolgerte Sätze daraus 73
Geſetz, das Boyle'ſche, Mariottiſche 415
Geſpinnſt der Spinnen und Seidenwürmer 44. N.
Geſtalt, beſtimmte 139
Geſtehen 576 f.
Gewächsalkali 878 f. ſchwefelſaures 971. ſalpeterſaures 1004. ſalzſaures 1058
Gewebe, fadiges, bey Pflanzen 1135

Gewicht des Körpers 206. iſt bewegende Kraft 206. abſolutes 209. eigenthümliches 210. Regeln deſſelben 211. relatives, reſpectives 230 f. Verhältniß des relativen gegen das abſolute 232. Vergleichung und Beſtimmung des eigenthümlichen Gew. feſter u. flüſſiger Körper 350 ff. 360 ff. 368.
Glanzruß 1139
Glas 112. N. Ausdehnung deſſelb in Wärme 555. N. 899 glattes, rauhes, mattgeſchliffenes, bey electriſchen V. 1300. 1338
Glascylinder, bey electriſchen Verſuchen 1257
Glaselectricität, iſt unſchickl. Benennung 1297. 1300
Glasfluß 1078
Glasgeräthſchaft; Parkerſche 611. 956
Glaskugel, hohle, Sinken und Schwimmen derſelben 344. N. 489. N. mit Waſſer gefüllt als Brennglas 819. Glaskügelchen, Verſuche damit 162 u. N.
Glaslinſen, Strahlenbrechung bey denſelben 705. biconvexe geben Brenngläſer 819
Glasmaſchinen, electr. 1257
Glasröhre, electriſche 1229 f.
Glasſcheibe, Zerbrechen derſelben bey der Luftpumpe 386. N. 439. electr 1257
Glastafel, Verſuche damit 161. N. bey der Electricität 1330 f.
Glastropfen 127. N.
Glaſur 1078
Glauberſalz 143. N. Verwittern deſſelben 858. N. 971
Gleichgewicht, feſter Körper 282 ff. beym Hebel 284 f. Geſetz deſſelben am mathematiſchen Hebel 287
Gliedmaßen, menſchliche, electriſche Verſuche damit 1396 ff.
Glimmer, grüner 1130
Glocken, Klingen derſelben 467. 475
Glockengut 1073 N.
Glockenſpiel, electr. 1276. 1344
Glühen, mitgetheiltes 814. beym Verbrennen 845
Glüheſpan 1119. N.
Gluten 1155 1178
Gold 118 große Dehnbarkeit deſſelben 44 N. Ausdehnung deſſelben durch Hitze 555 N. ſpecifiſches Gewicht deſſelben 368 Legirung deſſelben mit Kupfer oder Silber 1073. N. Verdampfung deſſ 580 N. Scheidung deſſelben vom Silber durch die Quart. 189 N. 1067. Charakter deſſelben 1113 Auflöſung deſſelben in Königswaſſer 1113. N.
Goldkalk 1113
Goldpurpur des Caſſius 1113 N.
Goldſcheidewaſſer 1060
Goldſolution 743 N.
Graduirung der Thermometerſcale 505 f.

Granit, von ungleicher Maſſe 109. N. gemengt 113. N.
Gravitas 198. ſpecifica 210
Gravitation, ſ. Schwere. Newtons Syſtem derſelben 271. N.
Griesholztinktur 742
Größe, ſtetige 42. ſcheinbare und wahre des Gegenſtandes beym Sehen 766. f.
Grünſpan, kryſtall. 1118. N.
Grundkräfte 8
Grundmaſſen 112
Grundſtoffe 109 ff. einfachere der organiſchen Körp. 1133. der Pflanzen 1113 ff. der Thiere 1174 ff.
Gummi. Gummiharze, eigenthüml. Gewicht derſelben 368. Gummi reſina 1153. elaſticum 1154. Charakt. derſ. 1135. 1149. arab., Kirſchgummi 1149
Gußeiſen 1119
Gymnotus electricus 1391
Gyps 368. 971.

H.

Haarröhrchen, Phänomene und Theorie derſ. 154. ff. Verſuche damit 157. N.
Häute des Auges 750 f.
Hagel 944
Halbkugeln, magdeburgiſche 386. N. 439.
Halbleiter, electriſcher 1237
Halbmetalle 1069
Halbſäure 842. gasförmige, azotiſche 1017
Halbſchatten 666
Hammerſchlag 1119 N.
Hanf, entzündet ſich 849
Harze, eigenthüml. Gewicht derſ. 368. b. Pflanz. 1135. Charakter deſſ. 1151 f. bey der Electricität 1300
Harzelectricität, iſt unſchickl. Benennung 1297. 1300
Harzmaſchinen, electr. 1257
Haſenfell, b. d. Electric. 1300
Hauch des Menſchen 944
Hauptleiter, electr. 1256
Hebebaum, als Hebel 283. N.
Hebel 282 ff. mathematiſcher, geradliniger, phyſ. 282 f. Phän., Theorie u. Geſetze deſſelb. 282 f. einarmiger, doppelarmiger 283. gebrochener, Winkelhebel 294. Kraft und Laſt bey demſelben 282 f. Moment deſſelb. 288. Potenzen und Sinus der Winkel deſſ. 290
Heber 388 ff. gemeiner 389. Wirtembergiſcher 393. Kircherſcher 394. Wolfs anatomiſcher 317. N.
Heberbarometer 397
Helligkeit 640
Hepar ſulphuris 981
Hepatiſches Gas 984
Heronsball 414. 439. 563. N.
Heronsbrunnen 414
Hirnhaut des Auges 751
Hitze; ſ. Wärme.
Hodometer 281
Höhe der Körper 31
Höllenſtein 1115. N.
Hohlgläſer 705. 714
Hohlſpiegel, paraboliſche als die beſten Brennſpiegel 818
Holz, Leuchten d. faulen 846
Holzarten, Verſuche mit verſchiedenen 128. N. eigenthüml. Gewicht derſ. 368
Holzkohle 950. eigenthüml. Gewicht derſelben 368

Horizontalebene, Horizontallinie 197
Horn, Alexanders 483. N.
Hornhaut des Auges 750
Hornſilber 1115. N.
Hufeiſen, magnetiſches 1441
Humores 750 f.
Hydrargyrum 1116
Hydrauliſche Maſchine, Segners 83. N. f. 324. N.
Hydrogène 118. 917
Hydrophan 745
Hydro-ſulphures 1109
Hygrometer. Hygroſkop von Sauſſure u. de Luc 946 f.
Hygrometra 360
Hyperbel 161
Hypomochlium 282

J.

Jahr 70 N.
Imago obiecti 682
Impetus iactus 268
Jnbegriff 49
Jnclination der Magnetnadel 1452
Jndifferenzpunct d. Magnetismus 1458
Inflexio lucis 747
Innatare fluido u. natare, Unterſchied dabey 348. N.
Jnſtrumente 13. akuſtiſche 483. N.
Intenſitas lucis 655
Jntenſität der Grundkräfte 46. 121 f.
Jris 753
Iupiter 1120
Jupiters-Monde, Ungleichheit des Laufs derſelben 271. N. 11.

K.

Kälte, iſt etwas Negatives 537. künſtliche, Hervorbringung derſ. 620. N. 621
Kakometer 852
Kalk, ungelöſchter, Urſach ſeiner Erhitzung 624
Kalkerde 118. iſt für ſich unſchmelzbar 574. N. 892. 900 f. rohe, gebrannte, lebendige, reine, gelöſchte 900 f. ſchwefelſaure 971. ſalpeterſaure 1004. phosphorſanre 1037. ſalzigtſaure 1051. boraxſaure 1066. kohlenſaure bey Schaalthieren 1174
Kalkrahm 902
Kalkſpath, Phänomen beym durchſichtigen 704. 958
Kalkwaſſer 901
Kammer, Pascals 387. N. beym Auge 756
Kampher 1135. Charakter deſſelben 1169
Kegel, Schwerpunct deſſelben 274. doppelter, der über zwey ſchiefe Flächen hinauf zu rollen ſcheint 281
Kegelſchnitt 101. N.
Kernſchatten 666
Kienruß 1139
Kieſelerde 118. 892. 897 f.
Klang 455
Klangfiguren des Chladni u. Voigt 467 f.
Kleber 1135. 1155 f.
Knall 455
Knallgold 1113. N. Knallkügelchen 588. Knallſilber 1115. N. Knallpulver 1026. 1034.
Knochenaſche 1037. 1177
Knochenerde 1182. Knochenmaterie 1174. 1182

Knotenlinien, Bewegung aller 271. N.
Kobalt 118. 1067. Charakter deſſelben 1125. ſchwefelſaures 1124 N. zeigt magnetiſche Kraft 1425
Kobaltkalk, geröſteter. Kobaltmetall, zeigt Magnetism. Kobaltvitr. 1125. N.
Kochſalz, Gewicht des aufgelöſten 369. N. Säure deſſelben 1048. 1060
Königswaſſer 1060
Körper 30 f. Ausdehnung derſelben 31. feſte 122. 123 ff. harte, ſtarre, weiche 124. zähe, dehnbare, ſtreckbare, ſpröde 125. flüſſige 122. 129 ff. liquide, tropfbar-flüſſige 122. 130 f. expanſibele, eigentlich-elaſtiſch flüſſige 122. 131 f. expanſibele an ſich, expanſibele durch Mittheilung 132 f. rein expanſibele, ſchwere expanſibele flüſſige 133 f. dichte, lockere 208. ſchwerartigere, leichtartigere 208. fallende, Höhe derſelben 214 f. feuerfeſte 574. organiſche, Bildung derſelben 144 N. flüchtige, feuerbeſtändige 600. leuchtende, erleuchtete 641. opake, undurchſicht., durchſichtige 642. warme, heiße, kalte 537. warm-haltende 542. Capacität derſelben für Wärme 550. ſchwere liquide, Phänomene derſelben 307 ff. Einerley feſte verlieren ungleich am Gewichte in verſchied. Flüſſigkeiten 336. N. rigide, federharte, elaſtiſche, weiche 295. 298 f. der menſchliche, gewöhnl. ſpecif. ſchwerer als Waſſer 348. N. hygroſkopiſcher 946 f. organiſche 1132 ff. ſchallende und klingende 447 ff. unelectriſche, eigentlich electr. 1230. 1256
Kohle, reine 950. 1145. bey thieriſch Subſtanzen 1176
Kohlendampf, Schädlichkeit deſſelben 960
Kohlenſäure 864. 870. 950 ff. iſt Beſtandtheil vieler Körper 958
Kohlenſaures Gas, Ausdehnung deſſelben durch Wärme 562. N. 954. bey Pflanzen 1141. 1188
Kohlenſtoff 118. 912. 950 ff. reiner 950. exiſtirt in großer Menge in d. Natur 951. Theorie u. Phänomene deſſelben 952 ff. Wirkung deſſelben bey Metallen 1112.
Kometenlauf, ungleicher 271. N.
Korkkügelchen, bey der Electricität 1293
Korkkugelelectrometer 1304. N.
Korkmännchen 281
Krämerwaage, als Hebel 283. N.
Kraft, Kräfte 2. 3. analytiſche Erforſchung und ſynthetiſche Folgerungen derſelben bey Stoffen 15. bewegende 35. 54. zurückſtoßende, expanſive 36. bewegende, beſchleunigende 80.

80. 106. gleiche 82 f. ungleiche 84. äußere, mittlere 86. Wirkung der bewegenden, nach Perpendikellinien 95. Kraft und Gegenkraft 104. Mittelpunct derſelben 99. Wärme-leitende 540 f. Beſtimmung derſelben nach Thompſon und andern 542 f.
Kreide 958 f.
Kreidenſäure 954. N.
Kreis, Schwerpunct deſſelb. 274. im Waſſer 331. N.
Krümmungsbogen, Krümmungshalbmeſſer, Krümmungskreis 101. N.
Kryſtall 141. Phänomen bey dem Isländiſchen 704
Kryſtalllinſe und Kapſel derſelben 755
Kryſtalliſirung 139 ff.
Küchenfeuer 636
Künſtlich 1. N.
Kütte 148
Kugel, Schwerpunct derſelb. 274. elfenbeinerne, Verſuch damit 299. N. elfenbeinerne u. bleyerne, gleich am Gewichte, verlieren ungleich beym Waſſerwägen 335. N. metallene und gläſerne, Schwimmen derſelben 348. N.
Kugelmaſchinen, electr. 1257
Kugelſpiegel, Phänomene des erhabenen 690
Kupfer 118. 1067. gelbes, weißes 1073. Charakter deſſelben 1118. ſchwefelſaures, ſalzigtſaures, kryſtalliſirt eſſigſaures 1118. N.
Kupferkalk 1118 u. N. Kupfervitriol 743. N. 1118 u. N.
Kurzſichtigkeit 774

L.

Laden und entladen, bey der Electricität 1334 ff. überladen 1336
Länge der Körper 31
Lage des Körpers 55
Lackmustinctur 743. N. als Prüfungsmittel der Säuren 863
Lampe des Cardanus 281. Archand'ſche 828
Lampenmikroſkop, Adams 713
Lapis infernalis lunaris 1115. N.
Laterna magica 713
Laugenſalze 874 ff.; ſ. Alkali
Lavendelöhl 44. N.
Lebensluft 829
Leere, Torricelliſche 379 f.
Legirung 1073 u. N.
Leichname, Emporkommen d. ertrunkenen 348
Leim 1178
Leiter, electriſche 1235 ff. die vorzüglichſten 1240. iſolirter, nicht-iſolirter 1244 f. 1256. 1308 f. d. erſte 1260. trockene, feuchte 1406
Leiter für die Wärmematerie 540
Leuchten, ohne Verbrennen 822 f. leuchtende Hitze unverbrennlicher Subſtanzen 824. verbrennlicher Subſtanzen 846
Leuchtſteine 823. bononiſcher 993
Licht, Lichtmaterie, Lichtſtoff 44. N. 118. 639 ff. pflanzt ſich in geraden Linien fort 643.

643. Radius deſſelben 644. verbreitet ſich nach allen Richtungen 645. iſt expanſibele, rein expanſibele Flüſſigkeit und imponderabele Subſtanz 647. beſteht aus einer an ſich nicht expanſibeln Subſtanz und Wärmeſtoff 649. verbreitet ſich in discreten Strahlen 651. Geſchwindigkeit deſſ. 652. Stärke und Schwäche deſſ. 655 f. Abweſenheit deſſ. iſt Schatten 662 f. Brechung deſſelb. 692 f. Geſetz dabey 694 Theorie u. Phänomene dabey 695 f. Zurückſtrahlung deſſ 699. Phänomene dabey 702. Brechbarkeit des farbigen 716 ff. ſiebenfach farbiges beym Prisma 721 f. homogenes, heterogenes 731. Beugung deſſelb. 747. Miſchung, Entwickelung und Verbindung deſſ. mit Wärmeſtoff 798 f. beſteht aus Brenn- und Wärmeſtoff 802 f. Urſach der verſchiedenen Arten des farbigen 806. Zerſetzung, Zuſammenſetzung, Figirung deſſelb. 808 f. iſt Agens in der Natur 825

Lichtmagn. 823. Cantons 994

Lichtſtrahlen 644. divergirende, convergirende 658 f. 701. parallele 659. 701. Brechung derſelben 692. einfallende 693. Abweichung derſelben wegen der Geſtalt des Glaſes 709. Abweichung derſelben wegen der Farben 727

Ligamentum nuchae 348. N. ciliare 752

Linie, lothrechte, ſenkrechte, verticale; waſſerrechte, horizontale 197. tautochroniſche 255

Linſen (Lentes), erhabene, planconvexe, convexconvexe, Meniscus, hohle, planconcave, concavconcave, concavconvexe 705. Achſe derſelben 706. Brennpunct derſelben 707. Brennweite derſelben 708

Liquor anodynus, Aufſteigen deſſelben in Haarröhrchen 157. N. L. fumans Libavii 1120. N.

Löthen 148. Löthrohr 828

Luft, atmoſphäriſche 112. N. 116 N. 370. 379. Zuſammenſetzung der atmoſphäriſchen 829 f. Widerſtand derſelben beym Pendul 261. expanſibele 372. compreſſibele 374. brennbare, entzündbare 916. fixe 954. N. vitriolſaure 976. atmoſphäriſche, iſt ein unvollkommener electriſch. Leiter und Nichtleiter 1243. 1254. Das Uebrige ſiehe unter: Gasarten.

Luftarten 136. 370. f. Theorie und Phänomene 370 ff. eigenthüml. Gewicht derſelben 368. N.

Luftbild 689

Luftgütemeſſer 850 f.

Luftpumpe 424 ff. erfunden von Guerike, bekannt gemacht v. Schott u. Boyle 424. Haupttheile derſelb. 425 f.

425 f. horizontal-liegende, ſchief-liegende, verticale 427. verſchiedene Arten derſelb. 428. Erforderniſſe einer guten 429 f. Wirkung derſelben 431 f. Verſuche damit 439 f. Wilkens und Berretray's Luftpumpe durch Waſſerdämpfe 599
Luftſäure 954. N.
Luftſchichten 377 f.
Luftthermometer 493. 563. N. Drebbeliſches, Amontonſches, Bernouilli'ſches 497 f.
Luftzünd. 849. Hombergs 995
Luna cornua 1115. N.
Lupen; ſ. Linſen.

M.

Maaß d. Centripetalkraft 100
Magiſterium (Lac) ſulphuris 982
Magneſia 903. nigra 1127 u. N.
Magnéſie 118. 903
Magneſium 118. 1067. Charakter und Kalk deſſelben 1127 u. N.
Magnet 1420 ff. Phänomene deſſelben 1420 f. Pole deſſelben 1422. zuſammengeſetzter, anomaliſcher 1422. Richtung oder Lage der Achſe deſſelben 1423. zieht Kobalt an ſich 1425. armirter 1428. künſtl. 1436 f. Verluſt ſeines Magnetismus 1457
Magnetiſche Materie 1420 ff.
Magnetismus kann dem Eiſen und Stahle mitgetheilt werden 1437. ferner durch den einfachen und Doppelſtrich 1438 f. urſprünglicher bey Eiſen und Stahl 1455 f. Brugmans Phänomen beym Streichen m. Magnet 1458 f.
Magnetnadel 1423. von Kobalt 1425. Phänomene derſelben 1430. 1433. Theorie und Phänomene des Magnetism. derſ. 1442 ff. Abweichung derſ. 1447 f. Neigung oder Inclination derſelben 1452
Magnetometer 1429
Manganèſe 118
Manom., Guerikſche 445 f.
Markhaut 754
Marmor 958 f.
Mars 1119
Maſſe des Körpers 49 f. 105. widerſtehende 106. gleichartige, ungleichartige 109. gemengte, gemiſchte 113
Maſticot 1117. N.
Mater vini 1188
Materia, albuminoſa 1158. 1180. acris, narcotica, fibroſa plantarum 1170 — 1173
Materie 30. ff. mechaniſche und chemiſche Durchdringung derſelben 37. N. große Theilungen derſelben 44. N. 1 — 6. ſchwerloſe, ſchwer-machende 204 f. ſtreng flüſſige, leicht-flüſſige 572 N. electriſche 1229 ff. magnetiſche 1420 ff. Das Uebrige ſ. unter: Stoffe.
Mauerſalpeter 1004 f. 1226
Mechanismus des Stehens, Gehens u. ſ. w. bey Menſchen und Thieren 281

Meerſalz 1051
Mehl 1155
Membranae 750
Meniscus 705
Mennig 1117. N.
Menſtruum 180
Mercurius 1116. praecipitatus per ſe, praec. ruber, praec. albus; ſublimatus corroſivus; dulcis 1116. N.
Meridian, wahrer, magnetiſcher 1447
Meſſing 1073. N.
Metalle. Körnen derſelb. 139. N. eigenthümliches Gewicht derſelben 368. Ausdehnung derſelben in Wärme 555. 912. Phänomene derſelben 975. als einfache verbrennliche Subſtanzen, Theorie und Phänomene derſelben 1067 ff. einige ſchmelzen vor, andere nach dem Glühen 1070. einige laſſen ſich ſchweißen 1070. ſind kryſtalliſirbar 1071. feuerbeſtändige, flüchtige 1072. Verkalken derſelben 1074. ff. reguliniſche 1075. edle, unedle 1076. einige werden beym Verkalken zu Säuren oder Oxiden 1084. Verwandtſchaft und Verhältniß derſelben zum Sauerſtoffe 1090 ff. Kohlenſtoffhaltige 1112. Phänomene derſelben bey der Electricität 1240. 1300
Metalla, ſulphurata 1106. hydrogenio-ſulphuratum 1109 carboneata 1112
Metallbäumchen 144. N. 1105
Metalldraht 1231 f.
Metallgemiſch 1073. Roſe'ſches 573. N.
Metallkalke 1075 ff. vollkommener, unvollkommener 1092. eigenthüml. Gew. derſelb. 368
Metallthermometer, Mortimers, Löſers, Zeihers 509
Metallverſetzungen 1073
Metalliſche Gläſer 1078. metalliſcher König 1075. met. Salze 1101
Meth 1189
Mikroelectroſkop. Mikroelectrometer 1378
Mikroſkop 776. einfaches 777. d. Wilſonſche, Lieberkühnſche, das M. mit dem Erleuchtungsſpiegel 778. zuſammengeſetztes, Cuffiſches 779
Milchzucker 1174. 1183. Milchzuckerſäure 864
Mineralalkali, iſt dem Gewächsalkali ähnlich 880. entſteht aus Aſche verſchiedener am geſalzten Meerufer wachſenden Kräuter, oder aus Neutralſalzen 881
Minium 1117 N.
Minuselectricität 1297. 1313
Minute 70. N.
Miſchung (Mixtio) 115. organiſcher Körper, von ſelbſt erfolgende Veränderung derſelben 1185 ff.
Mittel, Mittelding 68. freyes oder leeres, widerſtand-leiſtendes 68. dichteres und dünneres beym Lichte 701
Mittelflaſche, bey Gasarten 611
Mittelpunct, der Kraft 99. der Schwere 272 ff. der Größe 274. der Schwingung 257
Mittelſalze 890 ff. 1051 f.
Mitverflüchtigung 600
Mörtel 148
Molybdaena 1128
Molybdän. Molybdänmetall, Molybdaenum 118. 1067. Charakter und Kalk deſſelben 1128
Mondslauf, Ungleichheit deſſelben 271 N.
Monochord 461
Montgolfieren 567. N.
Moſt 1188
Motus 56. aequabilis, uniformis, variatus, retardatus 72. centralis 99
Mucillago 1149

N.

Nachtgleichen, Vorrücken derſelben 271. N.
Naphtha, Verdampfung derſelben 580. N.
Natrum 880

Natur

Natur 1 u. N. todte 6
Natura naturans, naturata 1. N.
Natürlich, unnatürlich, widernatürlich 1. N.
Naturbegebenheit. Naturerſcheinung 5 — 10
Naturforſcher, Naturphiloſoph 15
Naturgeſchichte 6. Naturgeſetze 9
Naturlehre, Naturwiſſenſchaft 4. hiſtoriſche, rationelle 6. empiriſche, ſpeculative 25. Geſchichte derſelben 26. allgemeine 28 — 485. beſondere 486 bis zu Ende. Metaphyſiche 29 ff.
Naturphiloſophie, mechaniſche, dynamiſche 45
Nebel 592. 596. N. 941 f.
Neigung der Magnetnadel 1452
Neigungsloth 693
Neigungsnadel. Neigungscompaß 1453
Nervenhaut. Netzhaut 754
Nervus opticus 751
Neutralſalze 886 — 889. 1051 f.
Nichtleiter, electriſche 1236. ff. die vorzüglichſten 1239
Niederſchlag 191. f. Metalliſcher, große Theilung deſſelb. 44 N.
Niederſchlagung 191 f. 144. N. bey Metallen 1104 f. Niederſchlagungsmittel 191
Nickel. Niccolum 118. 1067. Charakter deſſelben 1123
Nordpol des Magnets 1422
Normalkraft 100
Normallinie 101 N. 18
Nußſchaale, Schmelzen einer kleinen Silbermünze in derſelben 574 N.

O.

Oblique 93
Objectivglas. Ocularglas 781
Oehl, eigenthüml. Gewicht der ätheriſchen u. fetten 368. löſet d. Phosphor auf 1042. fettes, ätheriſches bey Pflanzen 1135. brenzligtes 1143. Charakter deſſelben 1166. riechende, deſtillirte, weſentliche 1168
Oehlruß 1139
Oleum empyreumaticum 1143
unguinoſum 1166
Operngucker 687. N.
Orbiculus ciliaris 752
Orbita 749
Organiſche Subſtanzen, lebende 1134. todte 1185
Ort, abſoluter, relativer 55
Oſcillatio penduli 244
Oxicum, oxygenium, oxygène 837
Oxid, Oxide 842. Oxidirung, Oxigenirung, Oxidation 842. beym Verkalken der Metalle 1084
Oxide de Mercure 1116. N. Ox. de plomb. 1117. N. Ox. de fer. 1119. N. Ox. d'étain 1120. N. Ox. de bismuth 1121. N. Ox. d'arſénic. 1124. N. Ox. metallique du premier degré d'oxidation 1092.

P.

Panzer des Magnets 1428
Papier, gefärbtes, als Reagens für Alkalien 875
Parabel 675
Partes, ſimilares, diſſimilares 111. conſtituentes 112
Paſſevin 328. N.
Pechblende 1130
Pendul, einfaches, mathematiſches, zuſammengeſ. 242. 256. Schwingung, Schwung deſſelben, halber, einfacher, ganzer, zuſammengeſetzter, iſochroniſcher 244 f. Schwingungszeit deſſelben 246 f. Schwingungspunct deſſelben 257 f. Aufhängungspunct deſſelb. 258. Länge des einfachen 259 f. roſtförmiges, Graham's u. Romain's 261. Lehren des einfachen von Galilei 263. Schwingungsbogen deſſ. 261. Anwendung der Geſetze deſſ. von Huygens 264
Pendulſchwingungen 241 ff.
Penduluhr, von Huygens 263
Penumbra 666

Percuſſionsmaſchine des Mariotte 298. N.
Perinäum 281. N.
Perſpectiv; ſ. Fernrohr. Perſpectivkaſten 684. N.
Pflanzen, Verſuche und Phänomene derſelb. 927 f. Stoffe u. Charakter derſelben 1135 ff.
Pflanzenbutter 1166
Pflanzenſtoff 1135. ſcharfer, narcotiſcher 1170 f.
Phaenomena 5 f.
Phlogiſton 803; ſ. Brennſtoff.
Phosphor 118. 912. eigenthüml. Gewicht deſſ. 368. Hombergs 823. Charakter u. Phänomene deſſelb. 827 f. 833 f. 1035 ff. Cantonſcher, Bologneſer 846. 994. beym Eudiometer 851. Kunkelſcher, Urinphosphor 1035. Wirkung deſſelben auf Metalle 1111
Phosphorgas 1043. N. Phosphorluft 1043
Phosphorſäure 864 f. 870. 872. Theorie und Phänomene derſelben 1035 ff.
Photometer 656. 663
Phyſica 4. Phyſical. Schriften, Verzeichniß derſelben 27
Pia mater 751
Pigmente 44. N. zum Porzellänmahlen 1078
Piſtole, electriſche 1283
Planetenlauf. Perturbationen deſſ. Planetenſyſtem 271. N.
Planum inclinatum 228
Platin, Platina, Platinum 118. 368. 1067. 1114
Platten, Morveau's metallene, Zuſammenhang derſelben mit Queckſilber 147. N.
Pluselectricität 1297. 1313
Pole d. Magnets 1422. künſtliche 1428. ungleichnamige, gleichnamige 1431 f. Geſetz derſ. u. Verſuche 1433. freundſchaftliche, feindſchaftliche 1434
Polemoſkop, Hevelſches 687. N.
Polyëdrum 703
Polyſpaſtus 294
Ponderoſität 209
Pontons, Schwimmen derſelben 348. N.
Porphyr, iſt gemengt 113. N.
Potaſche, Potaſſinum, Potaſſe 878. 1146
Potentiae 282
Praecipitatio, praecipitatum, praecipitans 191 f.
Principium adſtringens 1165
Prisma, Schwerpunct des geraden 274. Phänomen beym gläſernen 703
Probependul 259
Pulshammer 443
Pulvis fulminans 1026
Punct, leuchtender bey d. Electriſit. 1290. ſtrahlender 654
Punctum, congelationis artific., regelation., ebullition. 501 f.
Pupille 753
Purzelmann, chineſiſcher 281
Purpura mineralis 1113. N.
Putrefactio 1186
Pyramide, Schwerpunct derſelben 274
Pyrometer, 509. Wedgwoods 510. Muſchenbroeks, Bouguers, Smeatons 555
Pyrophan 745 N.
Pyrophor, Hombergs 849. 995

Q.

Quadrantenelectromet. 1304 N.
Quantitas motus 108
Queckſilber 118. 1067. eigenthüml. Gewicht deſſelben 368. dieſes eigenth. Gew. deſſelb. zu finden 356. Verdampfung deſſelb. 580. N. Phänomene deſſelb. 379. N. f. Charakter deſſelb. 1116. ſalpeterſaures, verſüßtes, ſalzigtſaures 1116. N.
Queckſilberapparat, bey Gasarten 610
Queckſilberkalk 1116. u. N.
Queckſilberpräcipitat, weißer. Queckſilberſublimat 1116. N.
Queckſilberthermometer 493
Queckſilbervitriol 1116. N.

R.

Rad an der Welle 294
Radbarometer, Hooks 401

Radi-

Radical muriatique, fluorique, boracique 118
Radii vectores 101. N. ſonori 477. Radius incidens, reflexus 699
Raia Torpedo 1391
Ranzigtwerden iſt eine Art von Eſſiggährung 1211
Rarefactio 489
Rauch 592
Raum 30. 33. abſoluter, relativer; beweglicher, empiriſcher, leerer, reiner 34. Raumesinhalt 49
Rautenglas 703
Reactio 104
Reduciren der Metalle. Reductio 1079
Reflexion; ſiehe Licht.
Refractio lucis 692. Refrangibilitas ſtaminum lucis 717
Regen 944. Regenbogenhaut 753. Regenwaſſer, reines deſtillirtes, als Einheit bey Vergleichung des eigenthümlichen Gewichts mehrerer Körper 351. 368. 938
Regulae Newtonianae 19
Regulus 1075. antimonii 1126
Reiben, feſter Körper unter einander 637. bey der Electricität 1241
Reiber, Reibzeug bey der Electricität 1256. 1259
Reif 944
Reifen des Obſtes 1210
Reiſebarometer 401
Reißbley 1112
Reſina 1151
Reſonanz 476. N.
Retina 754
Richtung 66. einerley, entgegengeſetzte 107. 298. N.
Riechende Ausflüſſe, große Theilung derſelben 44 N.
Ring des Saturns, Rotation deſſelben 271. N. ſtählerner 126. N. Ringe, klingende 467
Rockenkleye, entzündet ſich 849
Röhre, Torricelliſche 379 f. metallene bey der Electric. 1234
Röſten der Pflanzen 1137
Roheiſen 1119
Rolle 294
Roſt, Roſten 1098
Ruhe, abſolute, relative 57
Ruhepunct 282
Ruß 1139

S.

Saccharum Saturni 1117. N.
Sättigung 188. bey der Electricität 1313
Säuren 862 ff. Arten und Eintheilung derſelben 864. beſtehen aus eigenem Radical und Sauerſtoff 865. Zerlegen und Zuſammenſetzen derſelb. 866 f. einfaches und zuſammengeſetztes Radical derſ. 870. u. N. vollkommene, unvollkommene 872. u. N. ſchwefligte 972 f. ſalpetrigte 1001 ff. phosphorigte 1040. des Kochſalzes, Flußſpaths u. Boraxes 1047 ff. ſalzigte 1049 f. flüſſigte 1061 f.
Saflor 1125. N.
Saite, geſpannte 450 f. Länge, Dicke und Spannung derſelben 459 f. Einklang, Octave, Quinte u. ſ. w. derſelben 462
Sal acetoſellae 1161
Salmiak 1050 f. Salmiakgeiſt, ätzender, luftſaurer, Aufſteigen deſſelben in Haarröhrchen 157. N. ätzender 882
Salpeter 143. N. als Beſtandtheil des Sauerſtoffgas 831. 1001 ff. gemeiner 1004. als Mittel beym Verpuffen und Verkalken der Metalle 1095. erdiger 1226
Salpetergas, Ausdehnung deſſelben durch Wärme 562. N. 1001 ff. als eudiometriſches Mittel 1019. Entwickelung deſſelben bey Metallen 1099
Salpetergeiſt, Aufſteigen deſſelb. in Haarröhrchen 157. N. rauchender, Färb. deſſ. 743. N. 1002
Salpeterluft, dephlogiſtiſirte 1017
Salpeternaphtha 1196
Salpeterſäure 864. 870. 872. 1001 ff. Miſchung derſ. nach

Caven=

Cavendiſh 1031. iſt Haupt- product d. Verweſung 1226
Salze, eigenthüml. Gewicht derſ. 368. kryſtalliniſche, Erkältung bey Auflöſung derſelb. in Waſſer 620. Character derſ. 854 f. Kryſtalliſirung derſ. 857. Zerfallen oder Verwittern derſelb. 859. Zerfließen derſelben 860. Eintheil. derſelben 861. urinöſes 882. N. metalliſche 1101
Salzgeiſt, Aufſteigen deſſelben in Haarröhrchen 157. N. rauchender 1048
Salzigtſaures Gas 1050
Salzkryſtalle 857 f.
Salzſäure 864. 872. dephlgiſtiſirte, vollkommene, gemeine 873. N. Radical derſelben 912. Beſchaffenheit u. Phänomene derſelben 1049 ff. oxigenirte, dephlogiſtiſirte 1052. ſalpetriatſaure 1060
Salzſpindel 364. Salzwaage 360
Sammlungsgläſer 707
Saturnus 1117
Sauerbrunnen, natürliche 956
Sauerkleeſalz 1135. Sauerkleeſäure 864. 1135. Charakter derſelben 1161
Sauerſtoff. 118. 831 ff. Sauerſtoffgas, Ausdehnung deſſelben durch Wärme 562. N. iſt Theil der atmoſphäriſchen Luft 829. Theorie und Phänomene deſſelben 831 ff.
Saugen, der Kinder 410
Saugpumpen 409
Scale 399. Fahrenheitiſche 505. N. 398. N. Schwediſche 504. Reaumüriſche, Celſiusſche, Desliſleſche ff. 505. N.
Schall 447 ff. Körper, die ihn erregen, u. Mittel, die ihn fortpflanzen 449. Stärke u. Dauer deſſelben 454. dumpfer 455. Geſchwindigkeit deſſelben als Mittel, d. Entfernungen eines Orts, Gewitters u. ſ. w. zu beurtheilen 480. N.
Schallſtrahlen 477 f.
Schatten 662 f. gerader, umgekehrter 664. wahrer, Kern-, Halbſchatten 666. gefärbter 744
Schaufel, als Hebel 283. N.
Schere, als Hebel 283. N.
Scheibe 294. klingende 467. elliptiſche, Quadrat- 469
Scheibenmaſchinen, electr. 1257
Scheidewaſſer 1003
Scheidung 115
Schiebkarren, als Hebel 283. N.
Schießpulver, Kraft deſſelb. 566 Entzündung und Beſtandtheile deſſelben 1025. 1033
Schiffsruder, als Hebel 283. N.
Schillern der Körper 741
Schimmeln, vegetabiliſch. Stoffe 1224
Schlagweite, bey der Electricität 1249
Schlange, electriſche 1388
Schleim 1135. Charakter deſſelben 1149 f.
Schleuder 9 . N.
Schmalz 1179
Schmelzen und Gefrieren 569. f.
Schmelzgläſer 1078
Schmelzungsmittel 574
Schnee 144. N. 933. 938. 944 Fixität des Gefrierpunctes beym ſchmelzenden 619. Verſuch mit warmen Waſſer und Schnee 619
Schneewaſſer; ſ. Regenwaſſer.
Schnellloth 1073 N.
Schnellwaage, als Hebel 283 N.
Schörl, rother 1131
Schröpfköpfe 410
Schrot, bleyernes 139. N.
Schwefel 118. 144. N 828. Verdampfung deſſelb. 580. N. Beſchaffenheit und Phänomene deſſelben 962 ff. löſet Metalle auf 1106. bey der Electricität 1300
Schwefelalkali 981. iſt Auflöſungsmittel für Metalle 1109
Schwefelbäder 985
Schwefelblumen. Schwefelblüthen 965
Schwefeleiſen. Schwefelkies, Selbſtentzündung derſelben 1107

Schwefel-

Schwefelgas. Schwefligtſaures Gas 976. 1099
Schwefelleber 976. Schwefelleberluft 984. N.
Schwefelluft 976
Schwefelmetalle 1106. Verwittern derſelben 1107. waſſerſtoffhaltiges 1109
Schwefelmilch 982
Schwefelrubin 144. N.
Schwefelſäure 864 f. 870. 872. Beſchaffenheit und Phänomene derſelben 962. ff. vollkommene 966. giebt Neutral- und Mittelſalze 971. flüchtige 972. N.
Schwefelwaſſer 985
Schwere, im allgemeinen 196 ff. iſt ſtetig-wirkende Kraft 200. Urſach ihrer Kraft liegt außer unſerer Erfahrung 205. iſt beſchleunigende Kraft 206. eigenthümliche 210
Schwererde 118. 892. 906. ſchwefelſaure 971. ſalzigtſaure 1051
Schwerpunct, feſter Körper 272 ff. Directionslinie deſſelben 276. f. mechaniſches Finden deſſelben 278. N.
Schwerſpath 906. 971. Schwerſtein 1129
Schwimmen, der Körper 341 f. der Schiffe 344. N. der Menſchen, der Vögel in der Luft 348. N.
Schwimmblaſe der Fiſche, worin Stickgas iſt 999
Schwingung, Schwung u. ſ. w.; ſ. Pendul.
Schwingungsbewegungen, ſchallender und klingender Körper 447 ff. Mittelpunct derſelben 474. Geſchwindigkeit derſelben 476 f.
Schwingungsknoten 464 f.
Sclopeta pneumatica 414
Secundenpendul 259
Sehen 638. Theorie und Phänomene deſſelben 748. 758 ff.
Sehenerve 751 f. Sehewinkel 766. f.
Seide, weiße, ſchwarze, bey der Electricität 1300
Seife 1167
Selbſtentzündung 848 f.
Selenit 971
Semimetalla 1069
Senkwaage, hydroſtatiſche, mit beſtändigem und veränderlichem Gewichte 360 f.
Senſe, als Hebel 283. N.
Serpentinſtein, zeigt Magnetismus 1426
Siedegrade des kochenden Waſſers unter der Luftpumpe 581. N.
Siedepunct, beym Thermometer 501
Siegellack, electriſche Phänomene deſſelben 1229. f. 1300
Silber 118. Verdampfung deſſelben 580. N. Legirung deſſelben mit Kupfer 1073. N. Charakter deſſelben 1115. ſalpeterſaures 1115. N.
Silberbaum 143. N. 1105. N.
Silberglätte 1117
Silice 118
Silurus electricus 1391
Similor 1073 N.
Situs 55
Smalte 1125. N.
Soda. Soude 880. N. 1146
Solutio 179. Solvens 180
Sonnenfeuer 635. Wirkung deſſ. auf farbige Körper 815
Sonnenmikroſkop, Lieberkühns, Martins 713
Sonnenzeit, wahre, mittlere 70. N.
Soolwaage 364
Spangrün 1118. N.
Spathſäure 1061
Spectrum 716
Specula cauſtica, uſtoria, ardentia 817
Sphäroidmaſchinen, electriſche 1257
Spiegel 677. Es giebt keinen vollkommenen 678. Materien zur Zubereitung derſelben 679. ebene, plane, krumme, convexe, concave, ſphäriſche, elliptiſche, paraboliſche, hyperbo-

perboliſche, cylindriſche, coniſche 681. Phänomene derſelben 682 ff. pyramidaliſche, prismatiſche 691. N.
Spiegelcabinett. Spiegelkaſten. Spiegelzimmer 686 N.
Spiegelteleſkop, von Newton, Gregory, Caſſegrain, Herſchel, Schrader 792—796
Spießglaskönig 144. N.
Spießglanz 118. 1067. Verdampfung deſſelben 580. N. Charakter deſſelben 1126. ſchweißtreibendes 1126. N.
Spießglanzbutter. Spießglanzglas. Spießglanzmet. Spießglanzkalk 1126 u. N.
Spinnen, electriſche 1276
Spiritus, Libavs rauchender 1120. N.
Spiritus vini, ardens, inflammabilis 1191 f.
Sprachgewölbe. Sprachrohr 483 u. N.
Springbrunnen 316 N.
Springkraft 126 f.
Stachelbauch, electriſcher 1391
Stäbe, klingende 467
Stärke 1135. 1157
Stahl 1119
Stahlbrunnen, kohlenſaure 956
Stahlfeder 126. N.
Stalactite 144. N.
Stangenſchwefel, Phänomene deſſelben 1229. f.
Stechheber, Wirk. deſſelb. 410
Steinſalz 1051
Stern, leuchtender bey der Electricität 1290
Sternentag 70. N.
Sternrohr, Kepleriſches 783
Stibium 1126
Stickgas, Ausdehnung deſſelben durch Wärme 562. N. als Beſtandtheil der atmoſphäriſchen Luft 829. Theorie u. Phänomene deſſelb. 998. ff. ſauerſtoffhaltiges 1001. 1016 f.
Stickſtoff 118. 91[illegible] Theorie u. Phänomene de[illegible] in Verbindung mit Sauerſtoff 998 ff.
Stoffe, unzerlegte, unzerlegbare 117. einfache 118. 486 ff. ſchwere einfache und ihre Verbindungen 826 ff. einfache verbrennliche 911 ff. ſcharfer, narcotiſcher 1135. zuſammenziehender 1165. fäulnißwidrige 1220. wallrathähnlicher 1221
Stoß, feſter Körper 295 ff. gerader, ſchiefer 297 f. centraler 298 u. N. Theorie deſſelben 296 f. Geſetze deſſelben bey vollkommen rigiden Körpern 298. bey federharten, weichen Körpern 299 f. Reflexions- und Einfallswinkel bey demſelben 304
Stoßmaſchine, Mariotte's 298. N.
Strahlen 134. einfallende, zurückgeworfene 669 f. gebrochene 693
Strahlenbändchen 752
Strahlenbrechung, aſtronomiſche 702
Strahlencylinder 659
Strahlencanal, Fontana's 752
Strahlenkegel 654
Strahlender Punct 654
Strahlungen des Auges 797
Strohhalmelectrometer 1304. N.
Strontionerde 118. 892. 907 f. ſalzigtſaure 1051
Stückgut 1073 N.
Stunde 70 N.
Sublimate, kryſtalliniſche 144. N. Sublimiren 599
Subſtrat, ſäurefähiges, ſäurebildendes 865
Subſtanzen, kohlige, thieriſche, eigenthümliches Gewicht derſelben 368. zuſammengeſetzte organiſcher Körper 1132 ff. Uebrigens ſiehe Stoffe.
Südpol des Magnets 1422
Sulfures metalliques 1166
Sulphur, Soufre 962
Sulze 1178
Sumpfluft 1223
Suppellex physica 13
Sympathetiſche Tinten 743. N. 1118. N. Hellots, Ilſemanns blaue 1125. N.

Syn-

Syntheſis 115
Sypho 388
Syſtem, Franklins, dualiſtiſches 1313 ff.

T.

Tabellen, über die einfachen Stoffe 118. über die Zerreißbarkeit der Körper 128. N. über den Zuſammenhang der Körper 147. N. über das Aufſteigen der Flüſſigkeiten in Haarröhrchen 157. über die Verwandtſchaft der Zuſammenſetzung 174 — 178. über den Schwung und Verzögerung des Secundenpenduls 254. über das Gewicht der Flüſſigkeiten 353. N. über das eigenthümliche Gewicht mehrerer Körper in Vergleichung mit Waſſer 368. über das Gewicht des Salzes, der Soole, des Gemiſches aus Alkohol und Waſſer 369. über die identiſch-verſchiedenen Arten der Säuren, nebſt ihren latein. und franzöſiſch. Benennungen 864. über vollkommene und unvollkommene Säuren 872. über die Verwandtſchaftsfolge der Metalle zum Sauerſtoffe 1104. N. über die Beſtandtheile der Körper d. Pflanzenreichs 1135
Tag 70. N.
Talg 1179
Talkerde 118. 892. 903 f. ſchwefelſaure 971. boraxſaure 1066
Tangentialkraft 100
Tantalus, künſtlicher 394
Tartarus 1160. emeticus 1126. N.
Taſchenelectrometer 1304. N.
Teleſkop 750 f.
Temperatur der Körper 177. 518. Mittel, dieſelbe zu erhöhen 633 — 637
Tempus, ſolare, verum, ſ. medium, aequale, primi mobilis 70. N. periodicum 101. N. 6.
Terpentinöhl, Aufſteigen deſſelben in Haarröhrchen 157 N.
Terra muriatica 903
Tetrachord 461
Tetrodon electricus 1391
Textura 139
Thau 944
Theile, gleichartige, ungleichartige 111 ff. fadige, holzige bey Pflanzen 1172
Theilung, chemiſche, phyſiſche, mechaniſche 111. 115
Thermae hepaticae 985
Thermometer. Thermoſkop 398. N. 491 ff. Florentiniſches, Fahrenheitiſches, Reaumüriſches 500 f. Froſt- und Siedepunct deſſelben 501. Scale deſſelben 505
Thon, Schwinden deſſelben in Hitze 557
Thonerde 118. 892. iſt für ſich unſchmelzbar 574. N. reine 905. ſchwefelſaure 971
Thonkugeln 298. N.
Thran 1179
Thür, electriſche 1334 N.
Tinct. ligni nephritici 742. N.
Tinte, gemeine 1165. ſympathetiſche; ſiehe ſympathetiſch.
Titan 118. 1067. 1131
Tobakrauchen 410
Tomback 1073. N.
Ton, hoher, tiefer 456 f.
Tonne, magiſche 414
Topas, braſilianiſcher, zeigt Electricität 1390
Topf, Papinianiſcher 588
Tophe 144. N.
Trägheit 61 f. Geſetz derſ. 64
Traubenhaut 753
Trichiurus indicus 1391
Trinken 410
Trinkwaſſer, electriſirtes 1330
Trochlea 294
Tropfenbildung 139 f.
Tubi, capillares 154. optici 780. 783 ff.
Tungſtène 118
Tungſtein 1129
Tunica ſclerotica, cornea 750 choroidea 752
Turiner Kerzen 1036
Turmalin, electriſche Eigenſchaften deſſelben nach Cavallo 1390 u. N.

Turpeth, mineraliſcher 1116. N.

U.

Uebergang, bey der Electricität 1313
Ueberlage, beym Hebel 282
Ueberſtrömen der Electricität erſcheint in Geſtalt eines Lichtpunctes od. eines Feuerbüſchels 1250
Uhrglas, Strahlenbrechung bey demſelben 705
Umbra recta, verſa 664
Umlaufszeiten 101. N.
Undurchdringlichkeit 32. iſt nur relativ 38
Undurchſichtigkeit der Körper 745
Ungleichartigkeit 46
Univerſalwaage, Leupolds 293 N.
Unſchlitt 1179
Unterlage, beym Hebel 282
Uran 118. 1067. Charakter deſſelben 1130
Urſchall 484
Urſtoff 117
Uvea 753

V.

Vacuum 34. diſſeminatum 45
Vapores 136
Vectis 282 heterodromus, homodromus 283. angularis 294
Vegetationen, künſtliche, metalliſche 1105
Venus 1118
Verbrennen, entzündlicher Materien 636. 822 f. Erſcheinungen und Theorie deſſelben in atmoſphäriſcher Luft 826 ff. Beſchaffenheit deſſelben 840 f. bey Metallen 1082 f.
Verdampfung, Maximum derſelben 593 f. wirkliche 598
Vereinigungspunct paralleler Strahlen 673
Verflüchtigen 600
Verglaſungen, eigenthümliches Gewicht der künſtlichen 368
Vergleichungsthermometer 505. N.
Vergolden, verſilbern, verzinnen 148
Vergrößerungsglas 776 f.
Verkalken der Metalle 846. 1075 ff. iſt wirkliches Verbrennen 1082. Theorie deſſelben 1083. iſt Oxidirung 1084
Vermengung, Vermiſchung 114
Vernunftſchlüſſe 10
Verpuffen 1022 f.
Verſorium 1423
Verſuch 11 f. Robervalls 387. N. Kleiſtiſche, Leidenſche, Muſchenbroekſche bey der Electricität 1329
Vertheilung, bey der Electricität 1313
Verticallinie 197
Verwandtſchaft, chemiſche 172. miſchende 174. aneignende, vorbereitende 175
Verweſung, iſt von eigentlicher Fäulniß verſchieden 1212. Theorie derſelb. 1225—1228
Vexirbecher 394
Vibratio penduli 244
Vinum aduſtum 1191
Violenſyrup, als Reagens für Alkalien 875
Viride aeris 1118 N.
Vis, attractiva 39. repulſiva, expanſiva 36. inertiae, wird widerlegt 61. motrix, acceleratrix 80. centripeta 99. centrifuga, normalis, tangentialis, centralis 100
Vitriol, grüner 969. blauer 1118. N. weißer 1121. N.
Vitrioläther. Vitriolnaphtha 1196
Vitriolgeiſt, Aufſteigen deſſelben in Haarröhrchen 157. N.
Vitriolöhl 157. N. 970 f.
Vitriolſäure, 969 f. phlogiſtiſirte, flüchtige 972. N.
Vitriolum de cypro 118 N.
Vitrum oneratum 1334. N. vitra cauſtica, uſtoria 817
Volumen 49
Vulcane, entſtehen aus Dämpfen 586

W.

Waage, hydroſtatiſche 350. Coulombs electriſche 1304 N.

Wachs

Wachs 1166. Wachstaffent bey der Electricität 1316
Wärme 487. ſpecifiſche, comparative, relative 550. beym Pendul 261
Wärmegrade des kochenden Waſſers 581 N.
Wärmematerie; ſ. Wärmeſtoff.
Wärmemeſſer 491
Wärmeſtoff 118. 487 ff. freyer und deſſen Verbreitung 511 ff. iſt expanſibele Flüſſigk., rein-expanſibele Flüſſigkeit und imponderabele Subſtanz, iſt urſprünglich expanſibel 511-513. ſtrahlender 515. freyer, unmerkbarer, verborgener, fixirter 521. 614. Gleichgewicht deſſelben 524 f. Wirkungen deſſelben auf die Körper 554 ff. Expanſion der Körper durch denſelben 554 f. bey Gasarten 602 f. fixirter 612 ff. adhärirender, chemiſch-gebundener 615. Geſetze deſſelben 618 ff. Leiter für denſelben 540
Wahlverwandtſchaft, einfache 176. mehrfache 178
Wallzucker 687 N.
Wallrath 1179
Waſſer, von gleichartiger Maſſe 109 N. als feſter Körper, als tropfbar-flüſſig, als Waſſerdampf 137 N. warmes 138 N. deſtillirtes, Aufſteigen deſſelben in Haarröhrchen 157 N. Sieden deſſelben 579. Dampf deſſelben 759. Einfluß der Luft auf die Siedhitze deſſelben und überhaupt auf deſſen Exiſtenz 581—583. Ausdünſtung deſſelben iſt keine Auflöſung in der Luft 598. Springen deſſelben aus dem Heronsballe 407 N. Verwandlung des tropfbar-flüſſigen in Dampf 613. 913 ff. iſt keine einfache Subſtanz 913 f. beſteht aus Sauerſtoff und Waſſerſtoff 918 f. dreyfache Form deſſelben 931 ff. liquides, eigentliches 931 f. Gefrieren deſſelben 933 f. andere Feſtigkeit deſſelben 937. iſt Auflöſungsmittel verſchiedener Körper 938. atmoſphäriſches iſt das reinſte 938. unmerkliche Ausdünſtung deſſelben 940 f. liquides nur iſt feucht-machend 948. läßt ſich nicht in Erde verwandeln 949. kohlenſaures, luftſaures 956. weſentliches bey den Pflanzen 1136. hartes, weiches 1167
Waſſerbley 1128
Waſſerdampf 931. 939 f. Elaſticität deſſelben 940 f.
Waſſerſtoff 118. 912. 913 ff. iſt einfach 930
Waſſerſtoffgas, Ausdehnung deſſelben durch Wärme 562 N. 916 ff. Baſis deſſelben iſt Waſſerſtoff und Brennſtoff 919. ſchwefelhaltiges 984. phosphorhaltiges 1043. Entwickelung deſſelben bey Metallen 1099. kohlenſtoffhaltiges 1141
Waſſerſtrahl, Springen deſſelben aus einer Röhre 165. u. N. 268 N.
Weg, des Körpers 65
Wegmeſſer 281
Wein 1189. Weinflaſche, electriſirte 1330. N.
Weingährung, Theorie und Phänomene derſelben 1187 ff.
Weingeiſt, Verdampfung deſſelben 580. N. Beſchaffenheit deſſelben 1191. rectificirter, höchſt-rectificirter 1192
Weingeiſtthermometer 493
Weinſtein 1135. 1160. vitrioliſirter 971
Weinſteinſäure 864. 1135. 1160
Weitſichtigkeit 775
Werkzeug 13
Wetterglas 395
Wetterſchächte, Wetterwechſel in Gruben 567. N.
Wiederherſtellung der Metalle 1079 f. Theorie und Phänomene derſelben 1085 ff.
Wiederſchall 484
Winkel, gebrochener 693
Winkelhebel 294
Winkelſpiegel 686. N.

Windbüchſe 387. N. 414
Windofen, Luftzug deſſelben 567 N. 828
Wirkungskreis, electriſcher 1254. 1307. 1313
Wismuth 118. 144. N. 1067. Verdampfung deſſelb. 580. N. Charakter deſſelben 1122
Wismuthkalk 1122. N.
Witherit 906
Wolfram 118. 1067. Wolframmetall, Charakter und Kalk deſſelben 1129
Wolframſäure 864. 870. 1129
Wolken 592. 944
Würfel, metallener in Waſſer gewogen 333. N. zinnerner und bleyerner, abgewogen in einerley Flüſſigkeit 334. N. hölzerne, Eintauchen derſelben in Flüſſigkeiten 344. N.
Wunderbar 1. N.
Wurfbewegung 267 ff. Galilei's Geſetz derſelben 267. anfängliche Geſchwindigkeit, Gewalt derſelben 268

Z.

Zaffer 1125. N.
Zange, als Hebel 283. N.
Zapfen, beym Hebel 282
Zaubergemählde, Frankliniſches 1334. N.
Zauberlaterne, Kirchers 713
Zauberperſpectiv 687. N.
Zeichnungen, anamorphotiſche, und Inſtrument dazu 691. N.
Zeit, bey jeder Bewegung 69 ff.
Zerfließen und Nichtzerfließen der Körper auf andere 151. N.
Zerlegung. Zerſetzung. Zerſtückung. Zertheilung 115. Zerſetzung der Gasarten durch Feuer, Gährung oder Fäulniß 606
Zerreißen der Körper, Verſuche davon 128. N.
Zerſtreuungsgläſer. Zerſtreuungspunct 714
Zeugmaſchinen, electriſche 1257
Zink 118. 1067. Verdampfung deſſelben 580. N. Charakter deſſelben 1121. ſchwefelſaures 1121. N.
Zinkamalgama, bey der Electricität 1259. N.
Zinkblumen. Zinkkalk. Zinkvitriol 1121. N.
Zinn 118. 1067. Charakter deſſelben 1120
Zinnamalgama 1073. N.
Zinnaſche 1120
Zinnbaum 143. N. 1105. N.
Zinnbutter. Zinnkalk, vollkommener, unvollkommener 1120 und N.
Zinnplatten, reguliniſche 160
Zinnober 112. N.
Zirkonerde 118. 892. 909
Zitronenſäure 864. 1162. Zitronenſaft 1162
Zitteraal. Zitterrochen. Zitterwels 1391
Zucker, iſt ein Oxid 861. N. 1135. Charakter deſſelben 1159
Zuckerſäure 1161
Zuleiter, electriſcher 1260
Zurückſtrahl. d. Lichts; ſ. Licht.
Zurückſtrahlungswinkel 669
Zuſammenhängen, der Körper 146 f.
Zuſammenleimen 148
Zuſammenſetzung. Zuſammenhäufung 115
Zuſammenziehender Stoff 1165
Zwiſchenraum, leerer 45

Bayerische Staatsbibliothek München

Tab. IV.

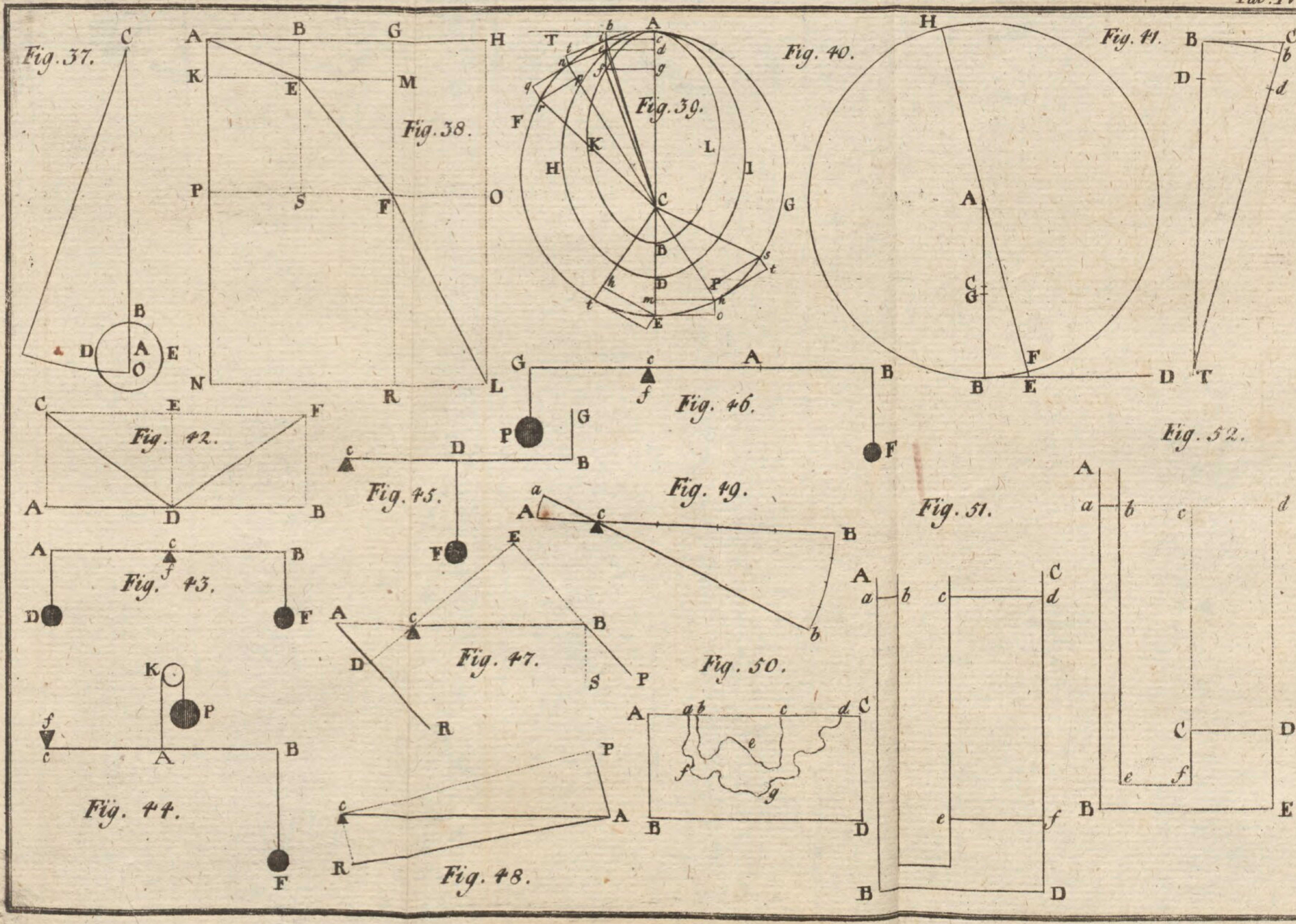


Fig. 37.
Fig. 38.
Fig. 39.
Fig. 40.
Fig. 41.
Fig. 42.
Fig. 43.
Fig. 44.
Fig. 45.
Fig. 46.
Fig. 47.
Fig. 48.
Fig. 49.
Fig. 50.
Fig. 51.
Fig. 52.

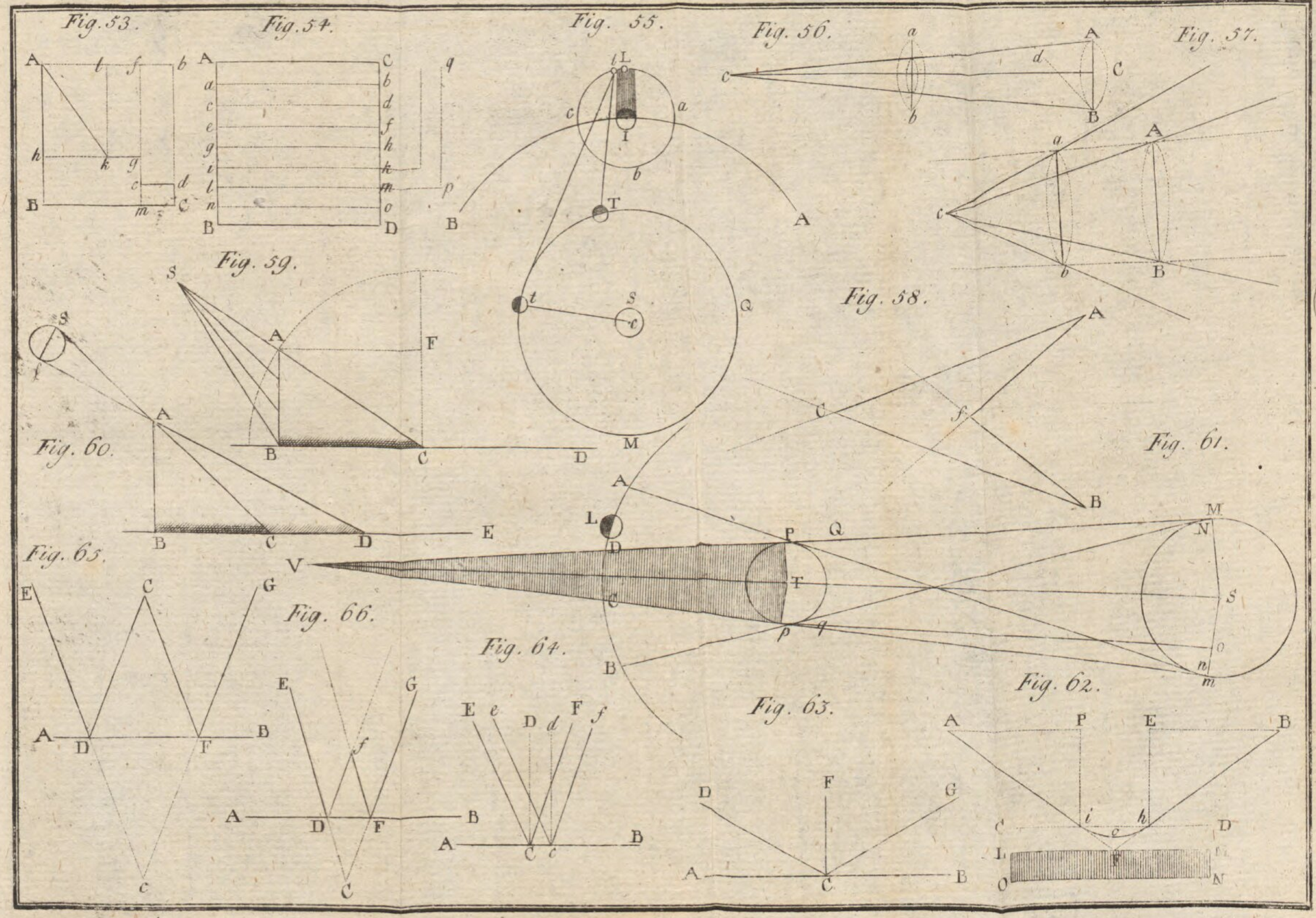


Fig. 53.
Fig. 54.
Fig. 55.
Fig. 56.
Fig. 57.
Fig. 58.
Fig. 59.
Fig. 60.
Fig. 61.
Fig. 62.
Fig. 63.
Fig. 64.
Fig. 65.
Fig. 66.

Taf. III.

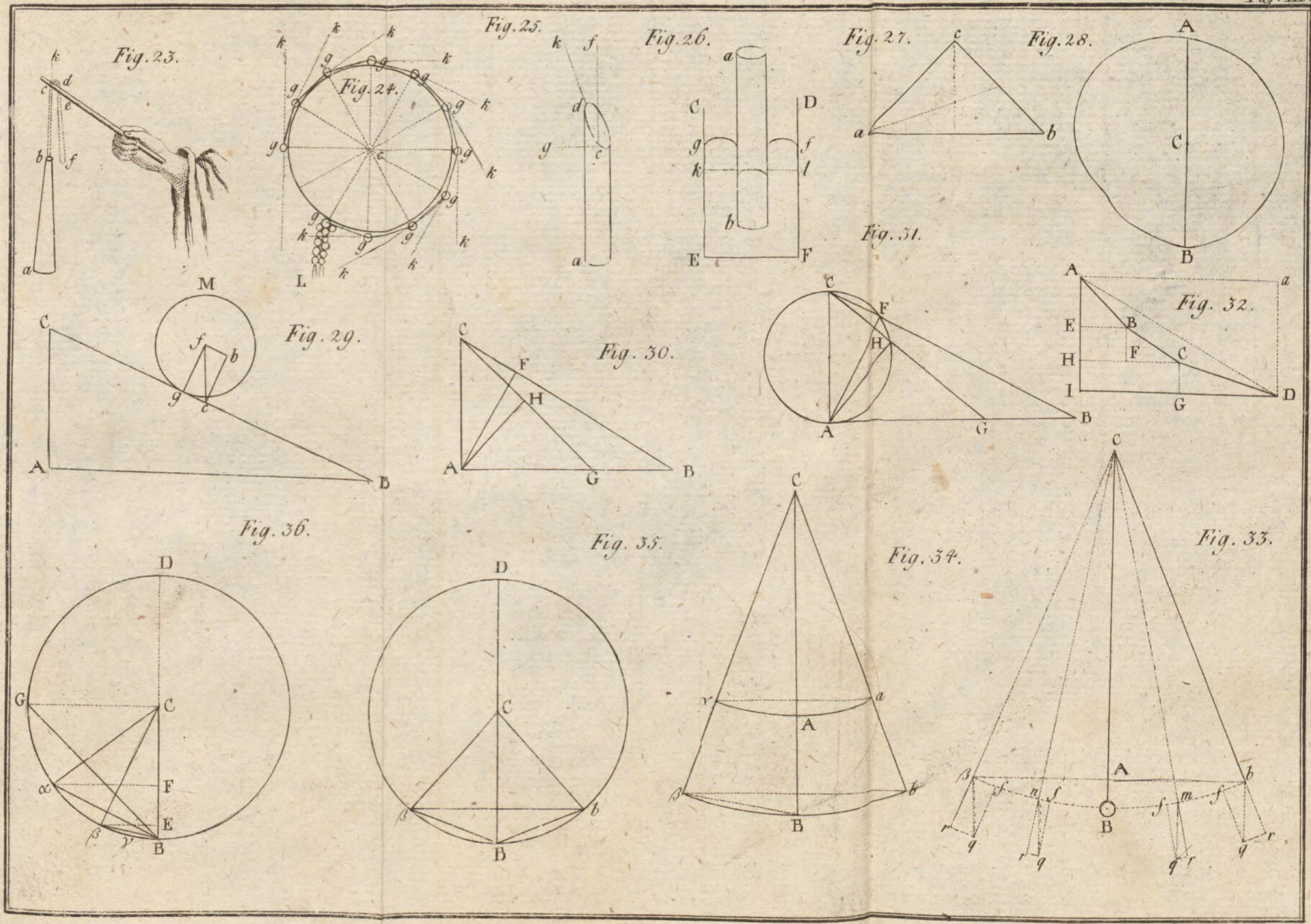


Fig. 23.
Fig. 24.
Fig. 25.
Fig. 26.
Fig. 27.
Fig. 28.
Fig. 29.
Fig. 30.
Fig. 31.
Fig. 32.
Fig. 33.
Fig. 34.
Fig. 35.
Fig. 36.

Tab. IV.

Fig. 41.

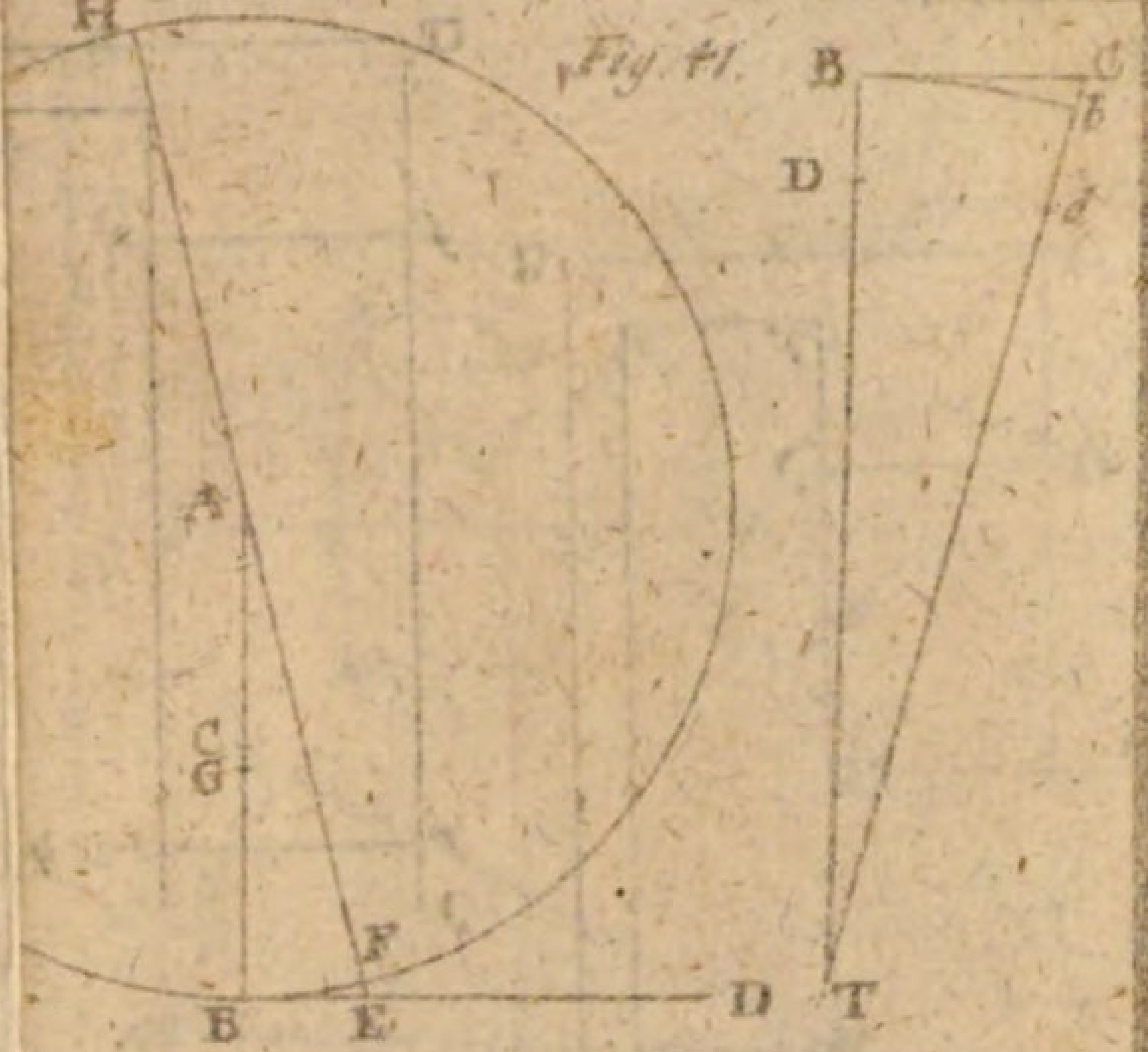


Fig. 52.

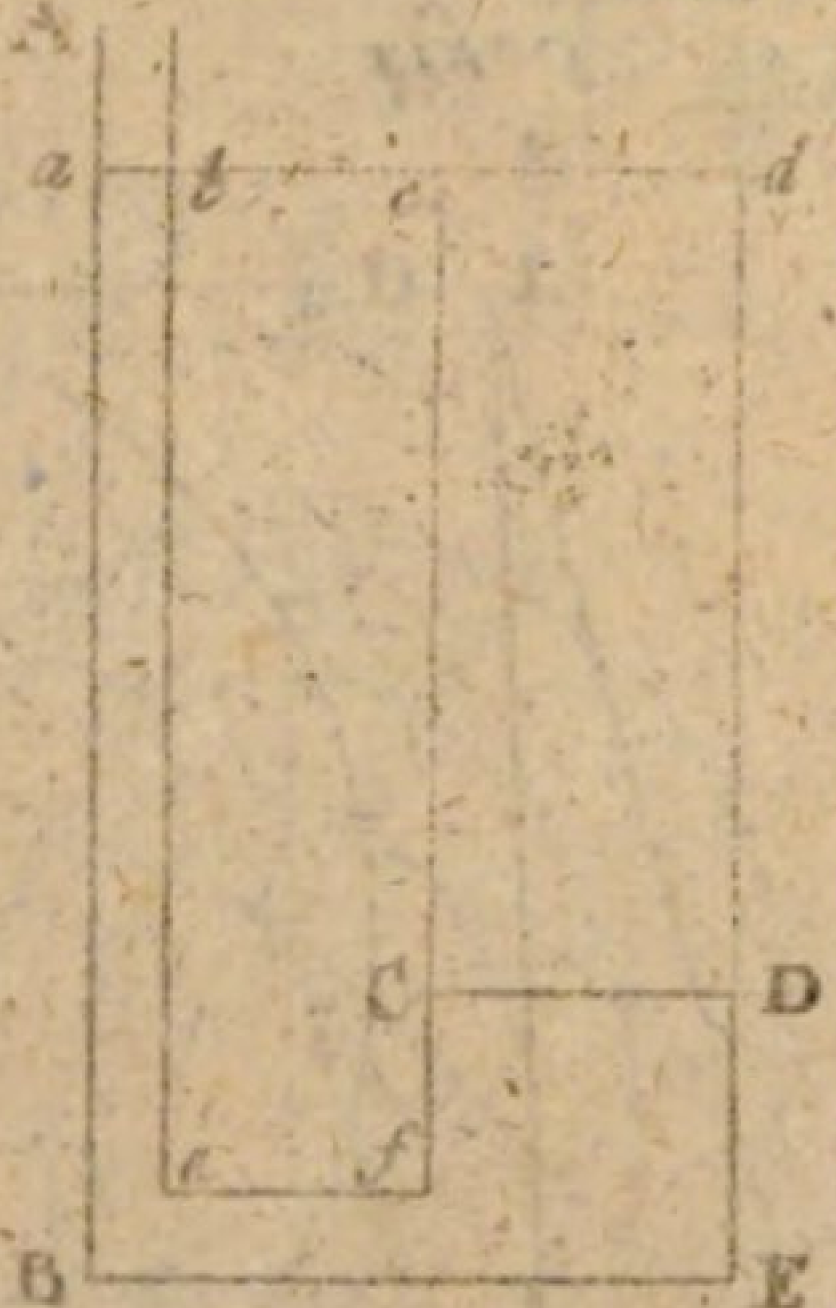
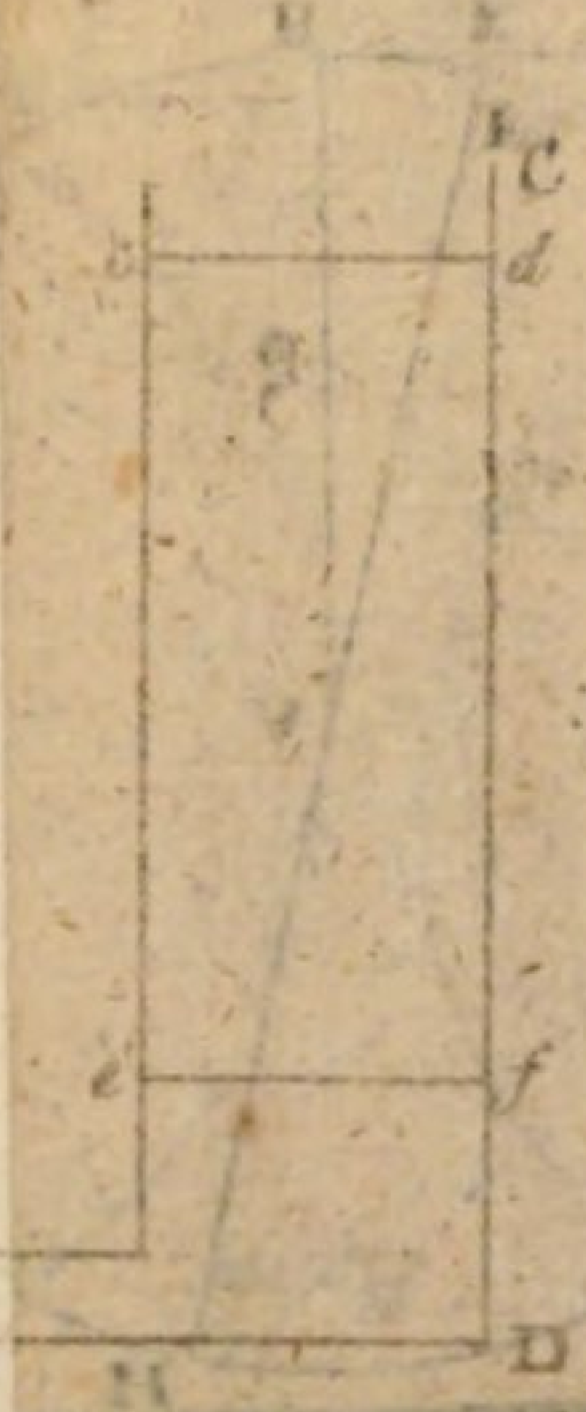
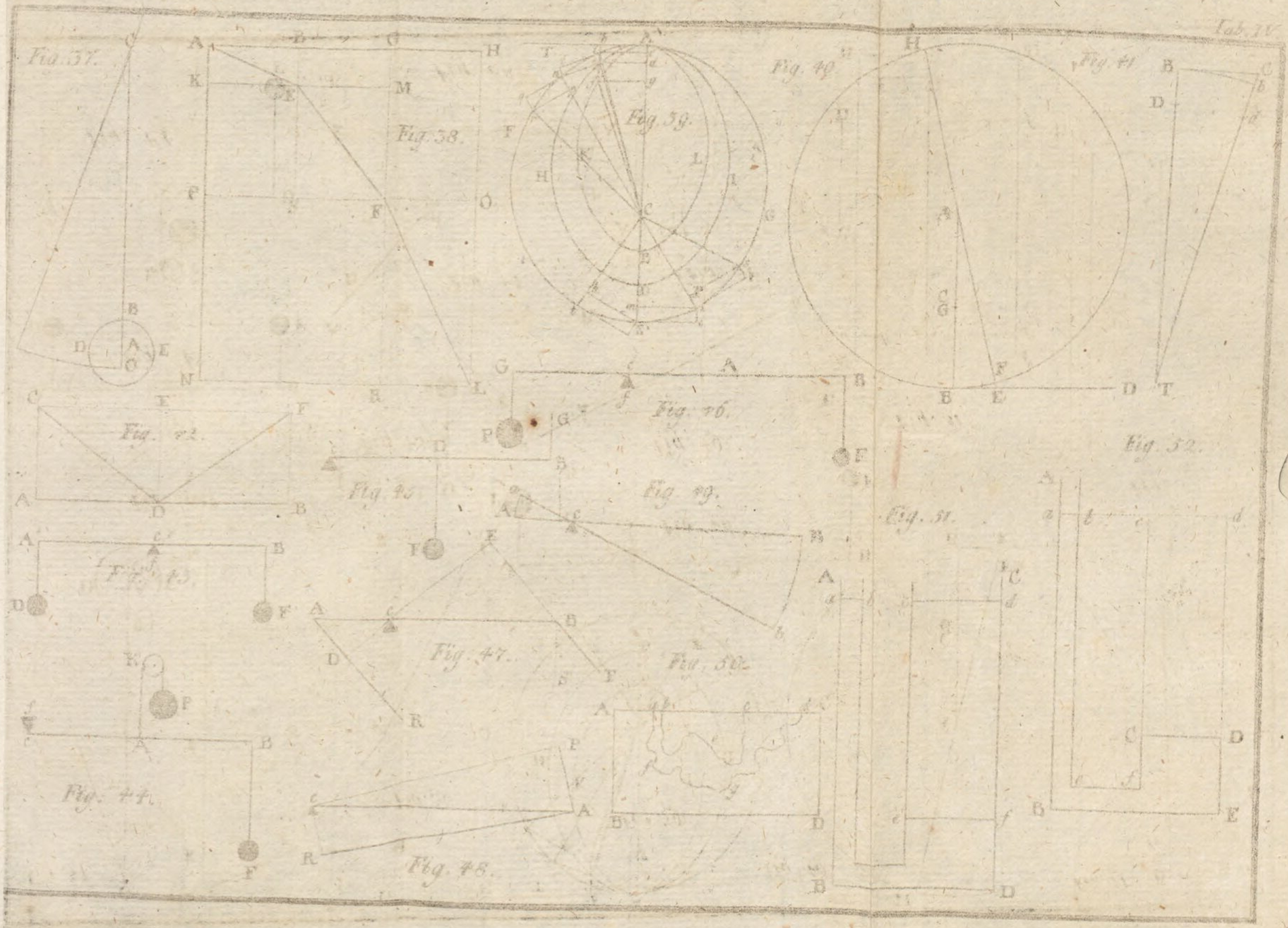
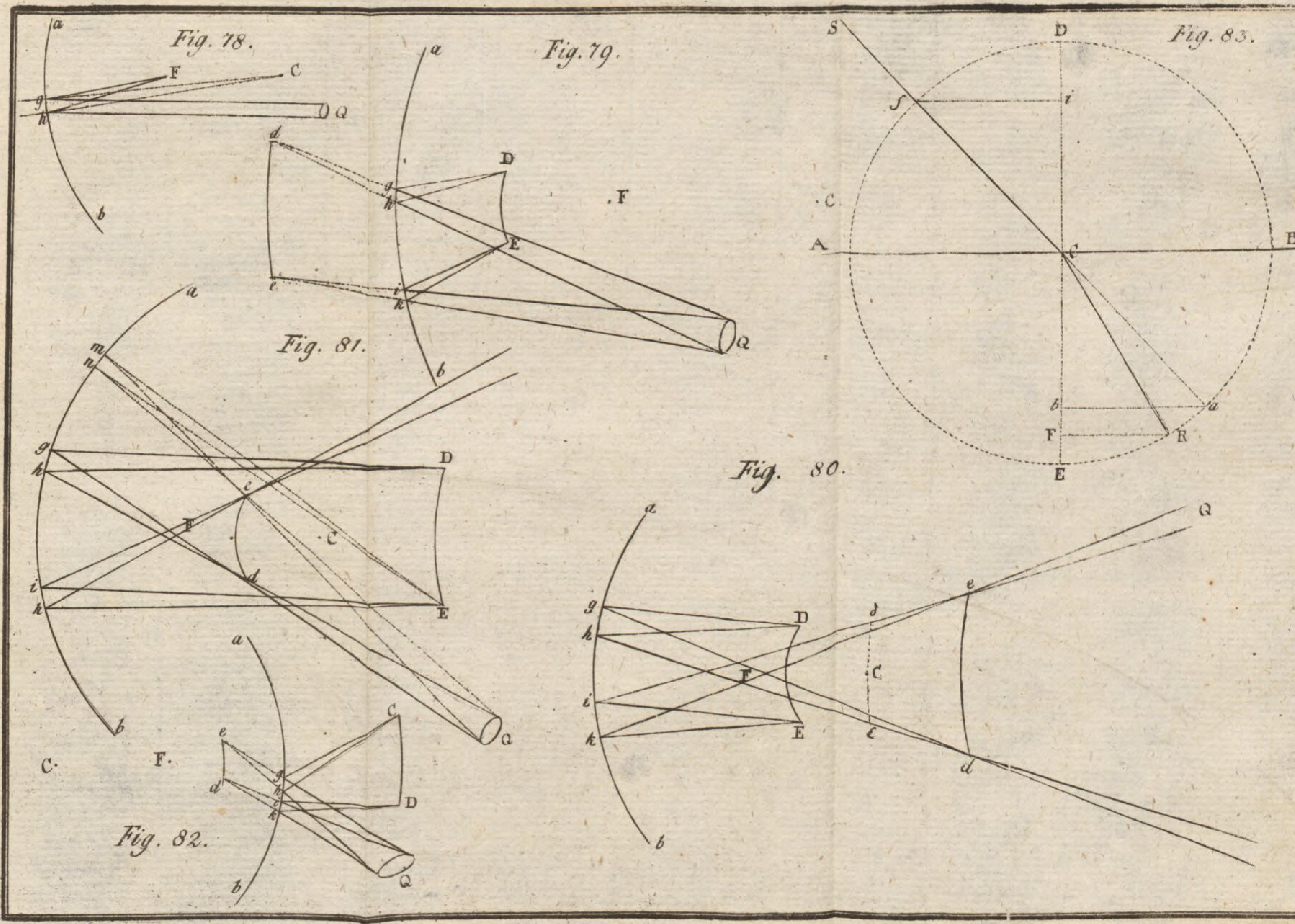


Fig. 51.




Tab. IV.
Fig. 37.
Fig. 38.
Fig. 39.
Fig. 40.
Fig. 41.
Fig. 42.
Fig. 43.
Fig. 44.
Fig. 45.
Fig. 46.
Fig. 47.
Fig. 48.
Fig. 49.
Fig. 50.
Fig. 51.
Fig. 52.

Tab. VIII.



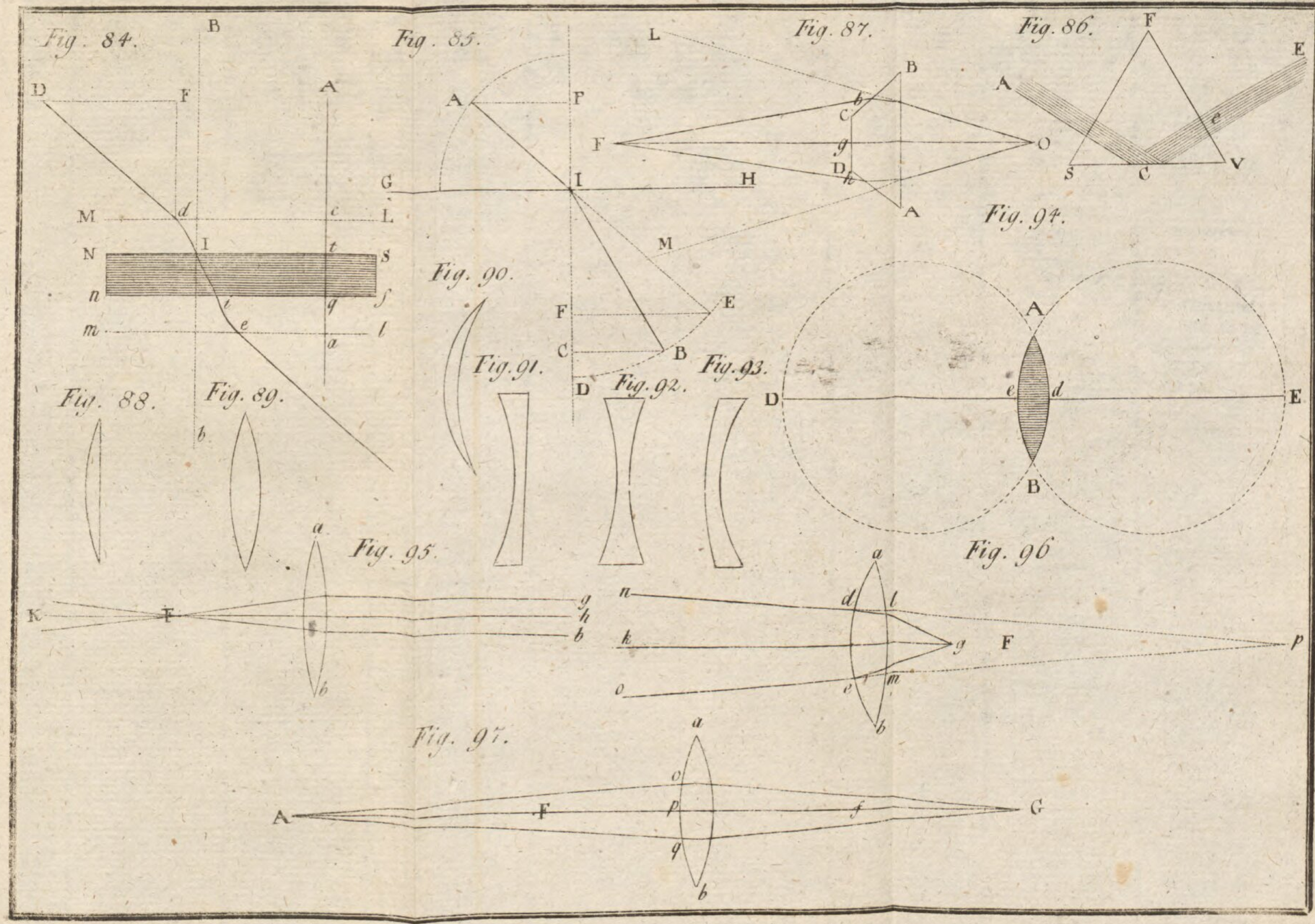


Fig. 84.
Fig. 85.
Fig. 87.
Fig. 86.
Fig. 88.
Fig. 89.
Fig. 90.
Fig. 91.
Fig. 92.
Fig. 93.
Fig. 94.
Fig. 95.
Fig. 96
Fig. 97.
D F B A
M d c L
N I t S
n i q ſ
m e a l
b
A F G I H
F C D B E M L
B b C F g O D h A
F A E e S C V
A D e d E B
a K T g h b
a n d l k g F p o e m b
a o A F p f G q b

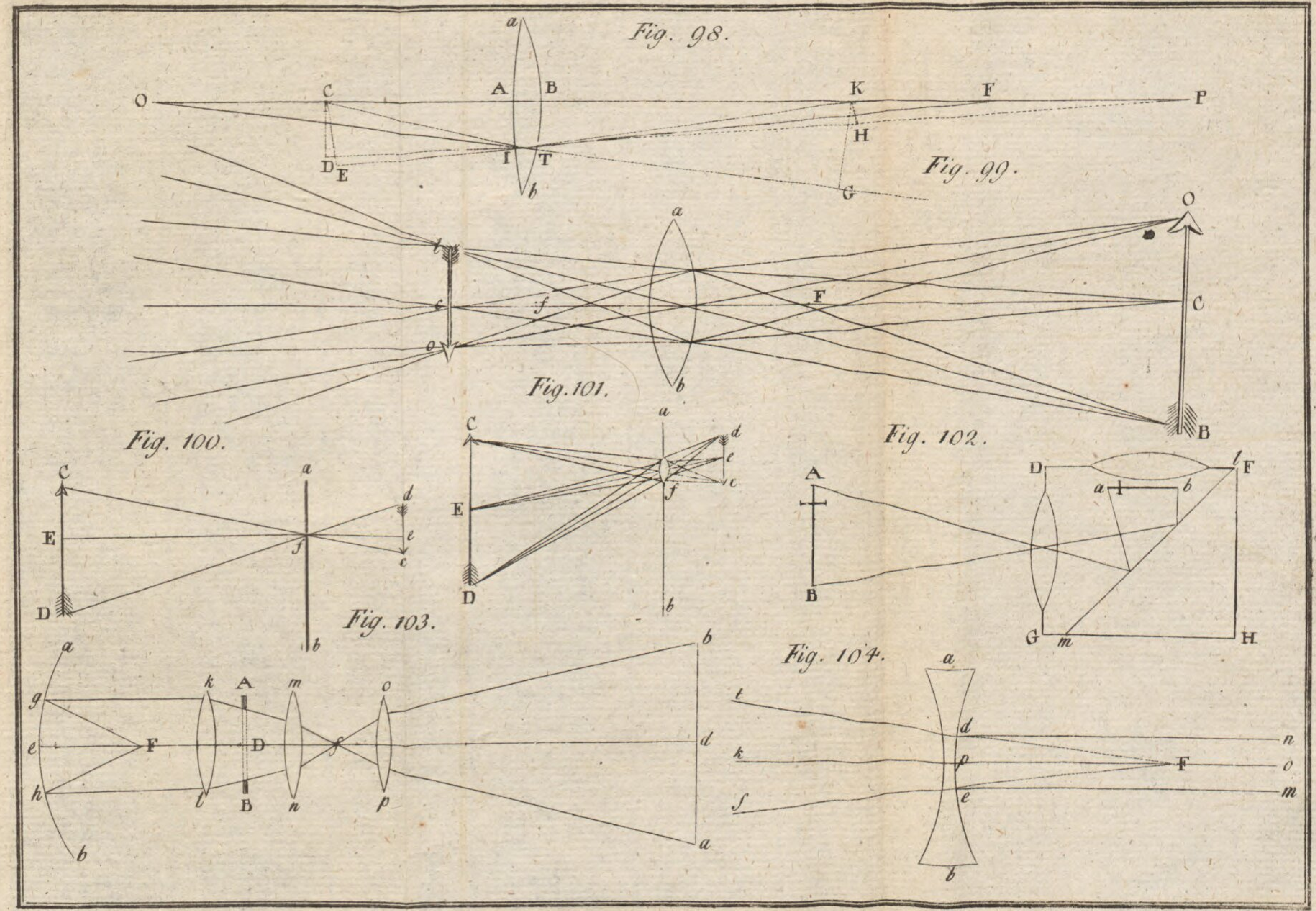


Fig. 98.
O C A B K F P
H
D E I T
a b G
Fig. 99.
a O
l F C
c f
o b B
Fig. 101.
Fig. 100.
C a d
E f e
D c b
C a d
E f e c
D b
Fig. 102.
A D l F
a b
B G m H
Fig. 103.
a b k A m o
g e F D f d
h l B n p a b
Fig. 104.
a t d n
k p F o
f e m
b

Tab. XI.

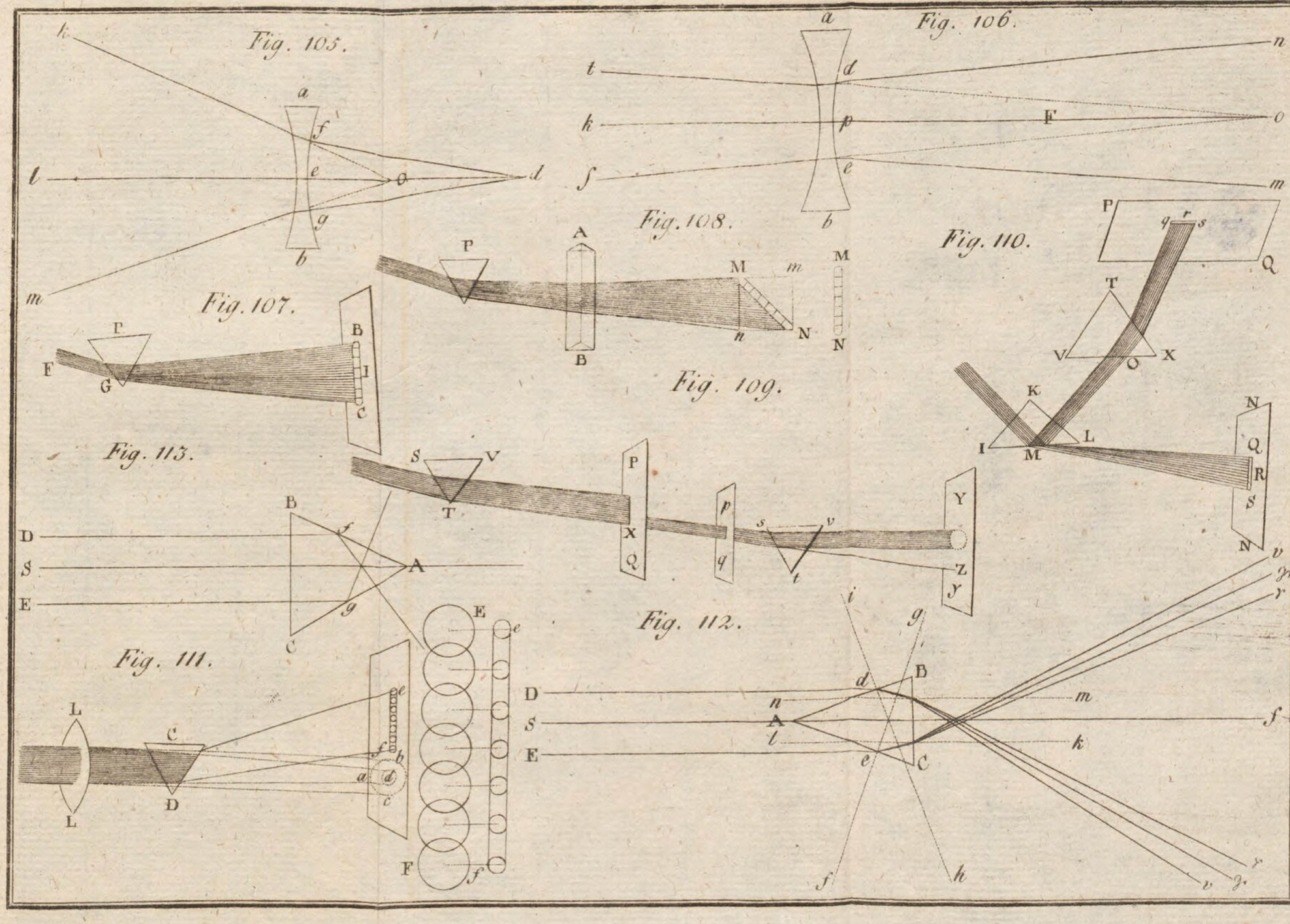


Fig. 105.
Fig. 106.
Fig. 107.
Fig. 108.
Fig. 109.
Fig. 110.
Fig. 111.
Fig. 112.
Fig. 113.

Tab. XII.

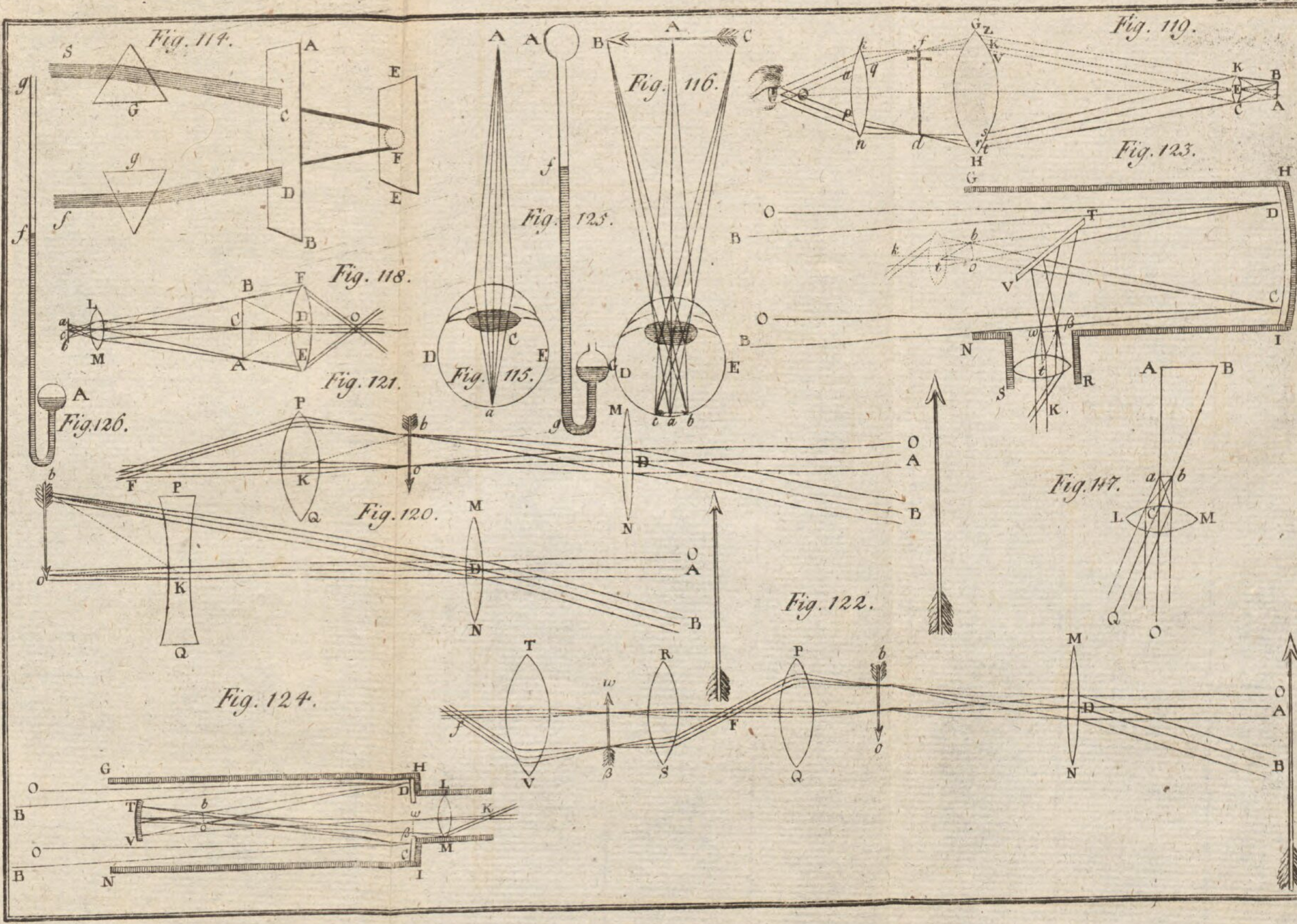


Fig. 114.
Fig. 115.
Fig. 116.
Fig. 117.
Fig. 118.
Fig. 119.
Fig. 120.
Fig. 121.
Fig. 122.
Fig. 123.
Fig. 124.
Fig. 125.
Fig. 126.

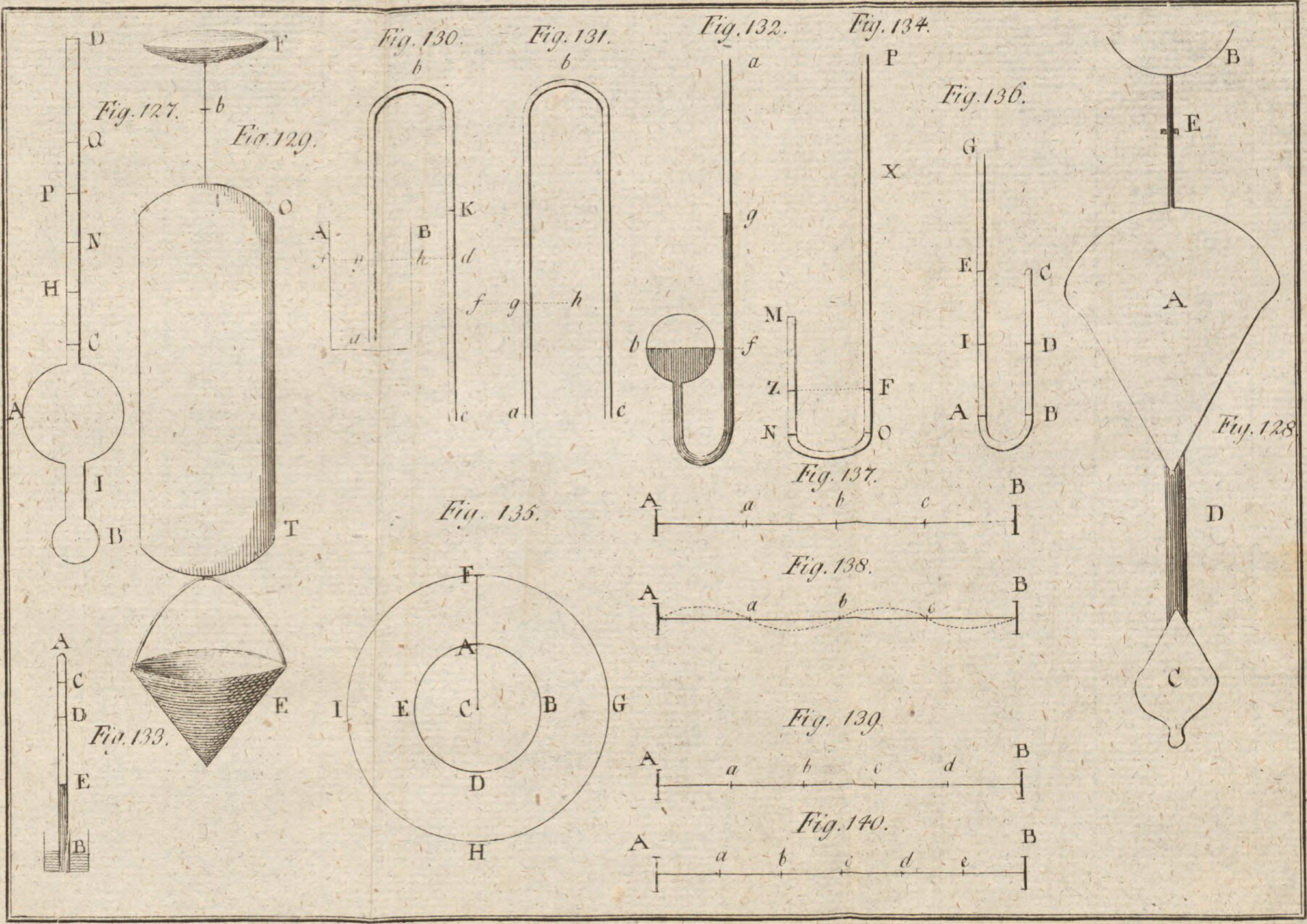


Fig. 127.
Fig. 128.
Fig. 129.
Fig. 130.
Fig. 131.
Fig. 132.
Fig. 133.
Fig. 134.
Fig. 135.
Fig. 136.
Fig. 137.
Fig. 138.
Fig. 139.
Fig. 140.

Taf. XIV.

Fig. 141.

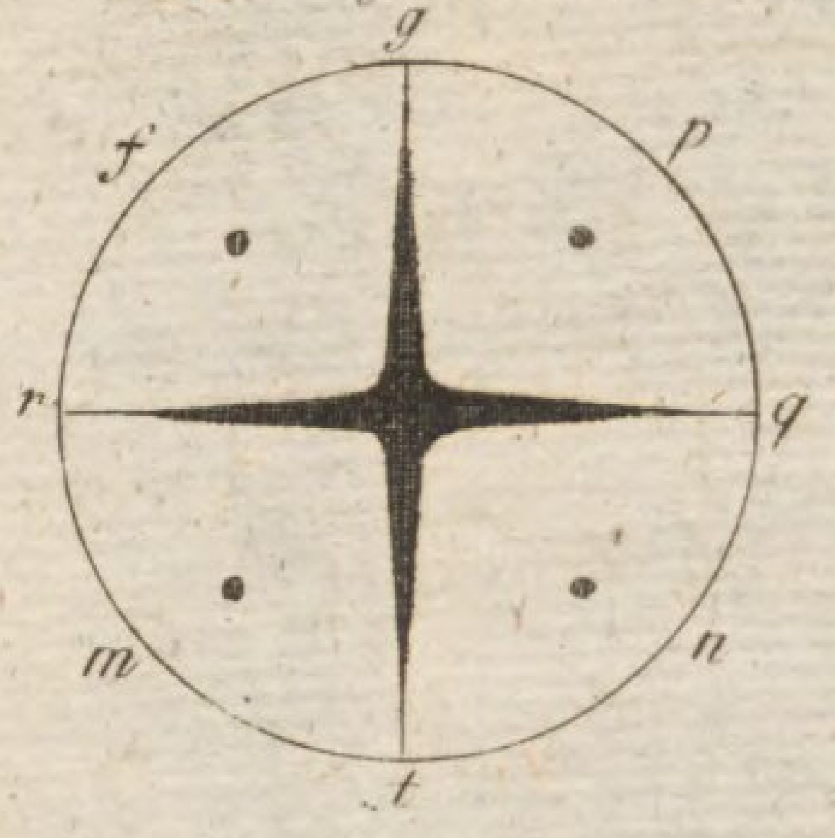


Fig. 142.

Fig. 143.

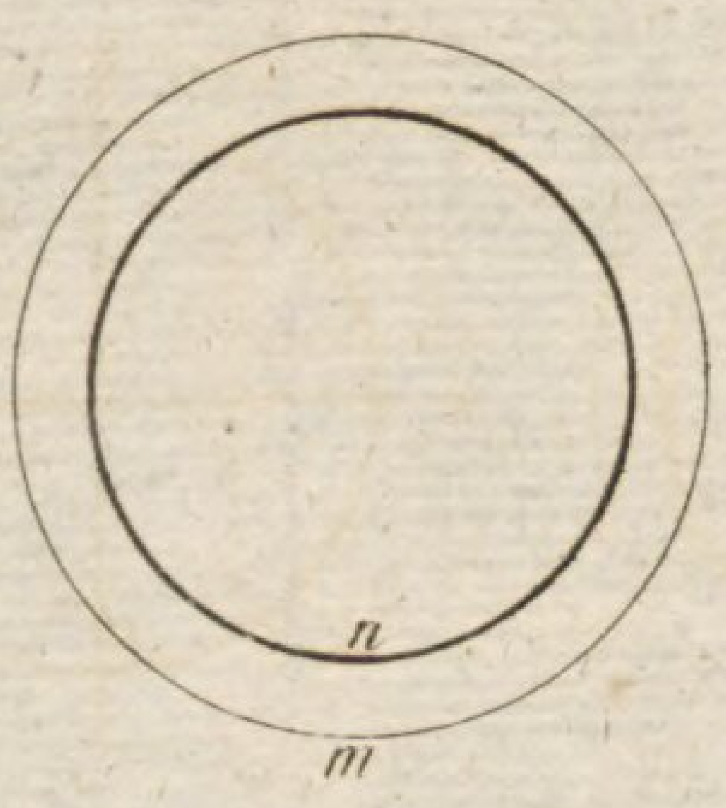


Fig. 144.

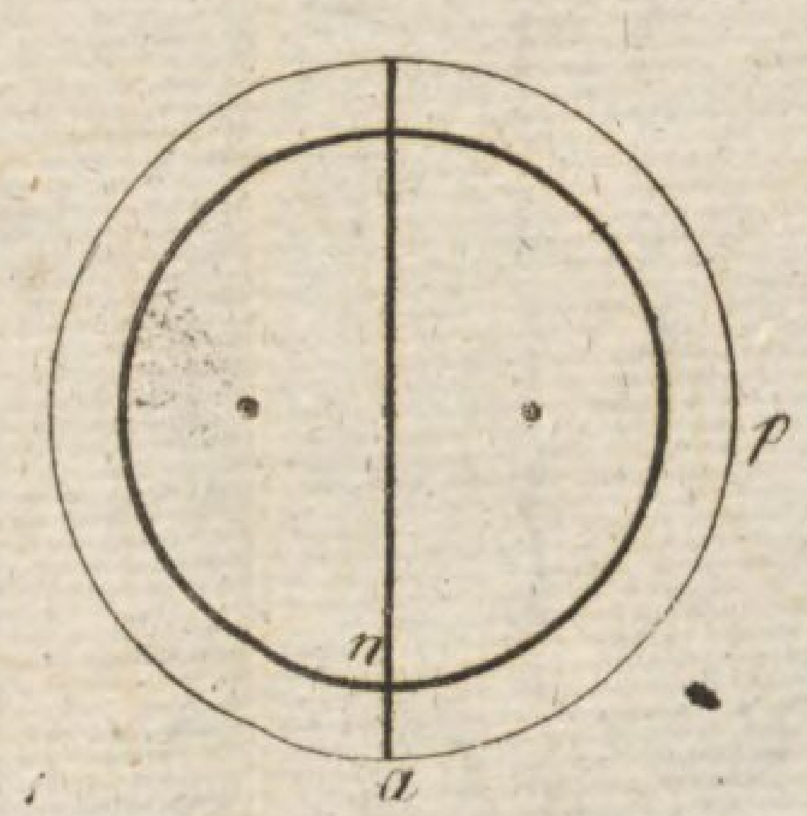


Fig. 145.

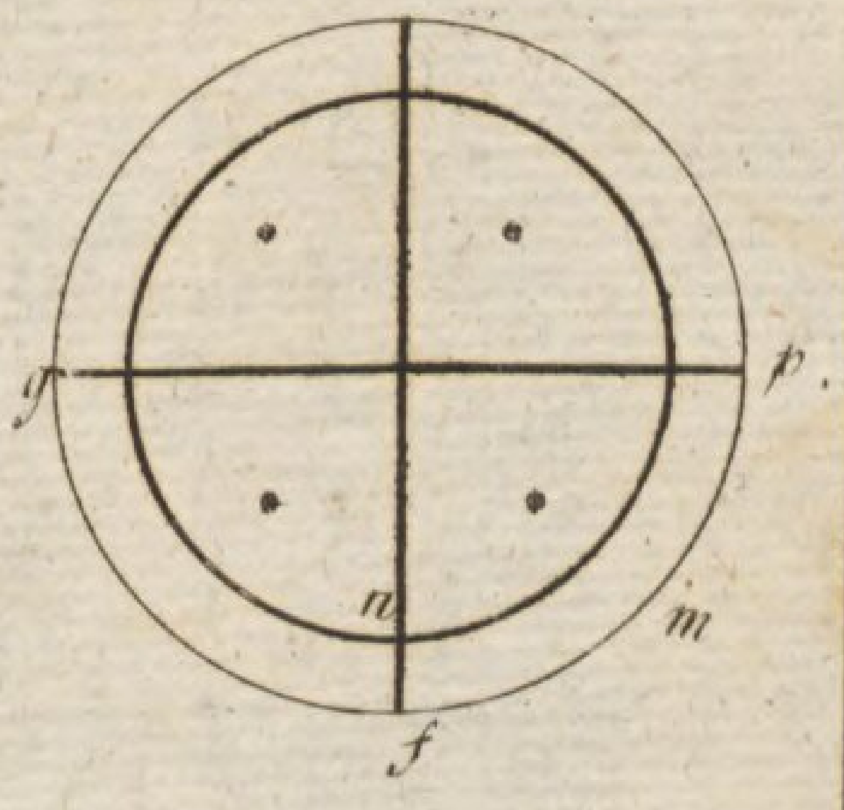


Fig. 146.

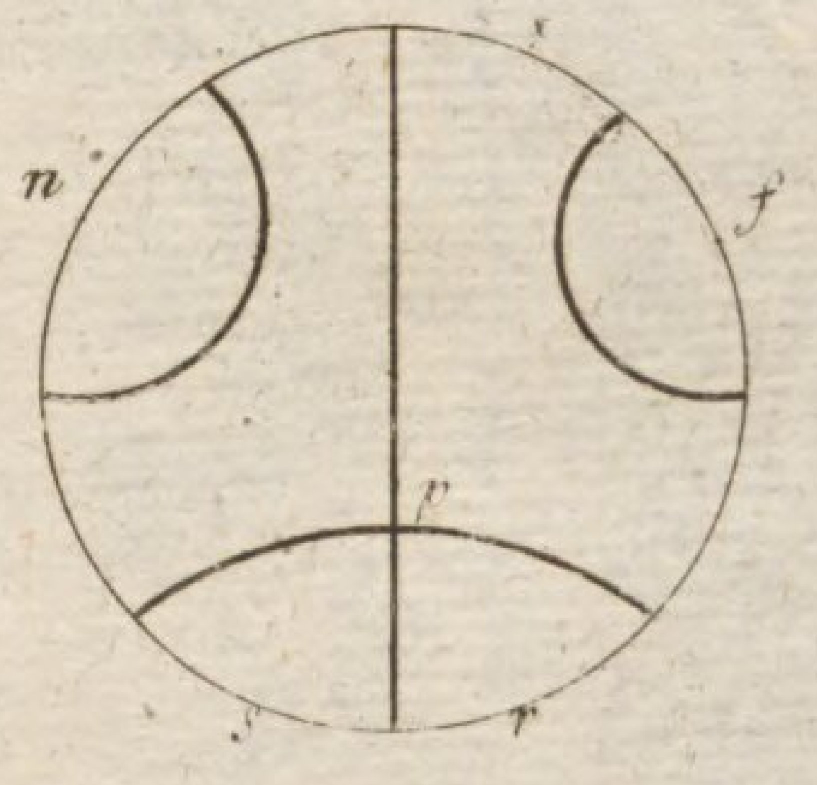


Fig. 147.

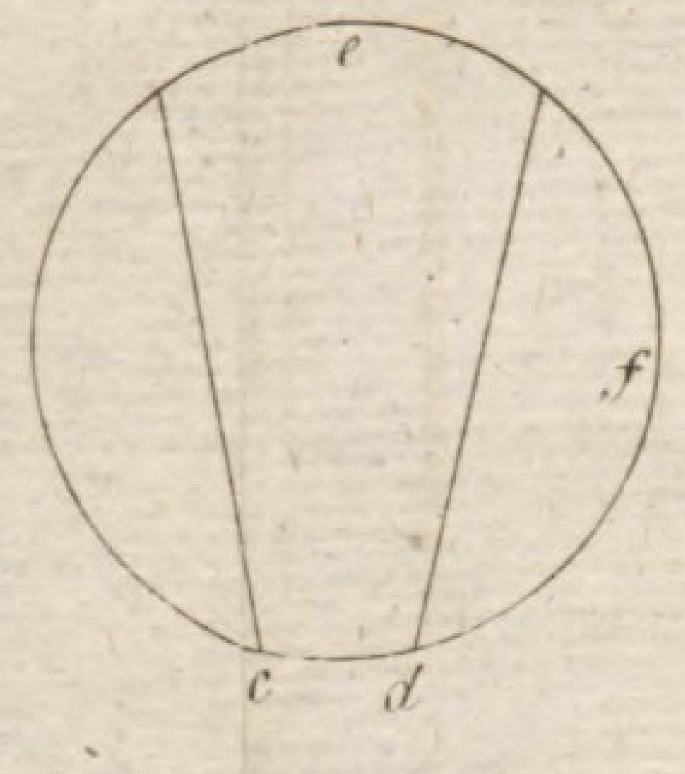


Fig. 148.

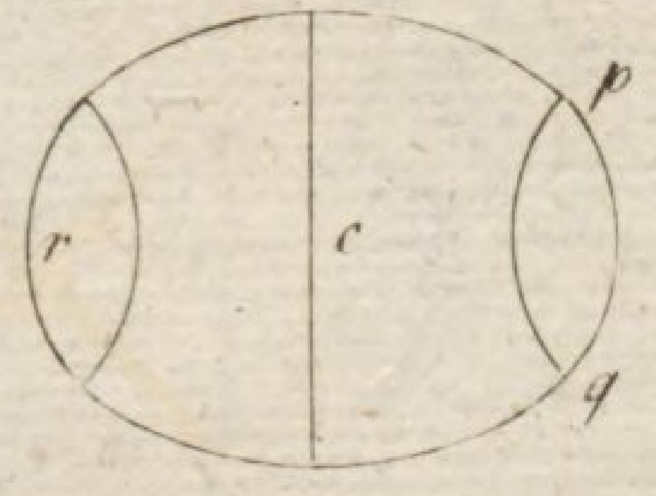


Fig. 149.

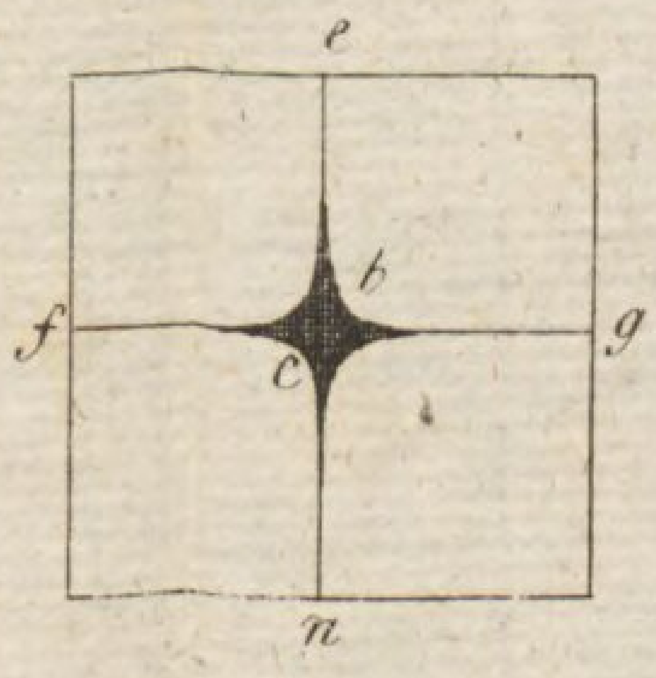


Fig. 150.

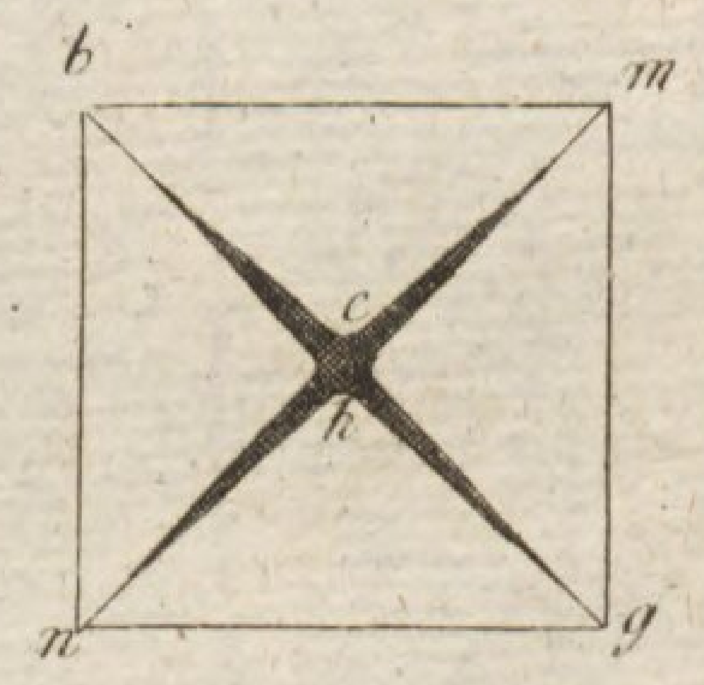


Fig. 151.

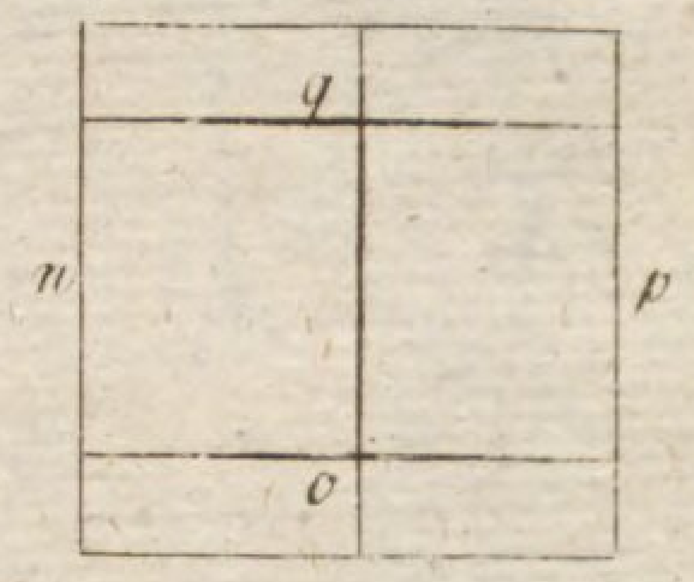


Fig. 152.

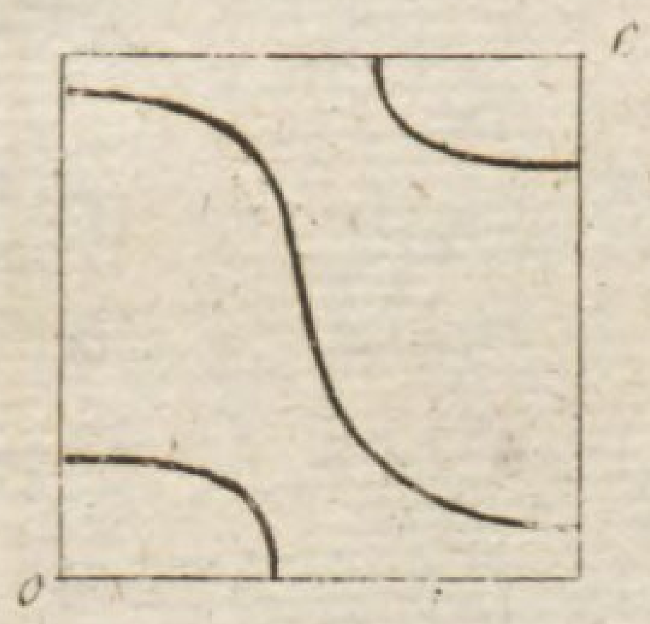


Fig. 153.

Fig. 154.

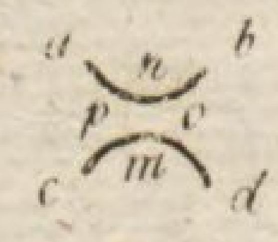
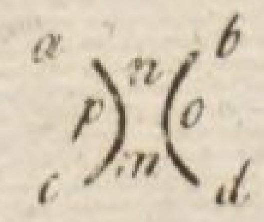


Fig. 155.



Tab. XIV.

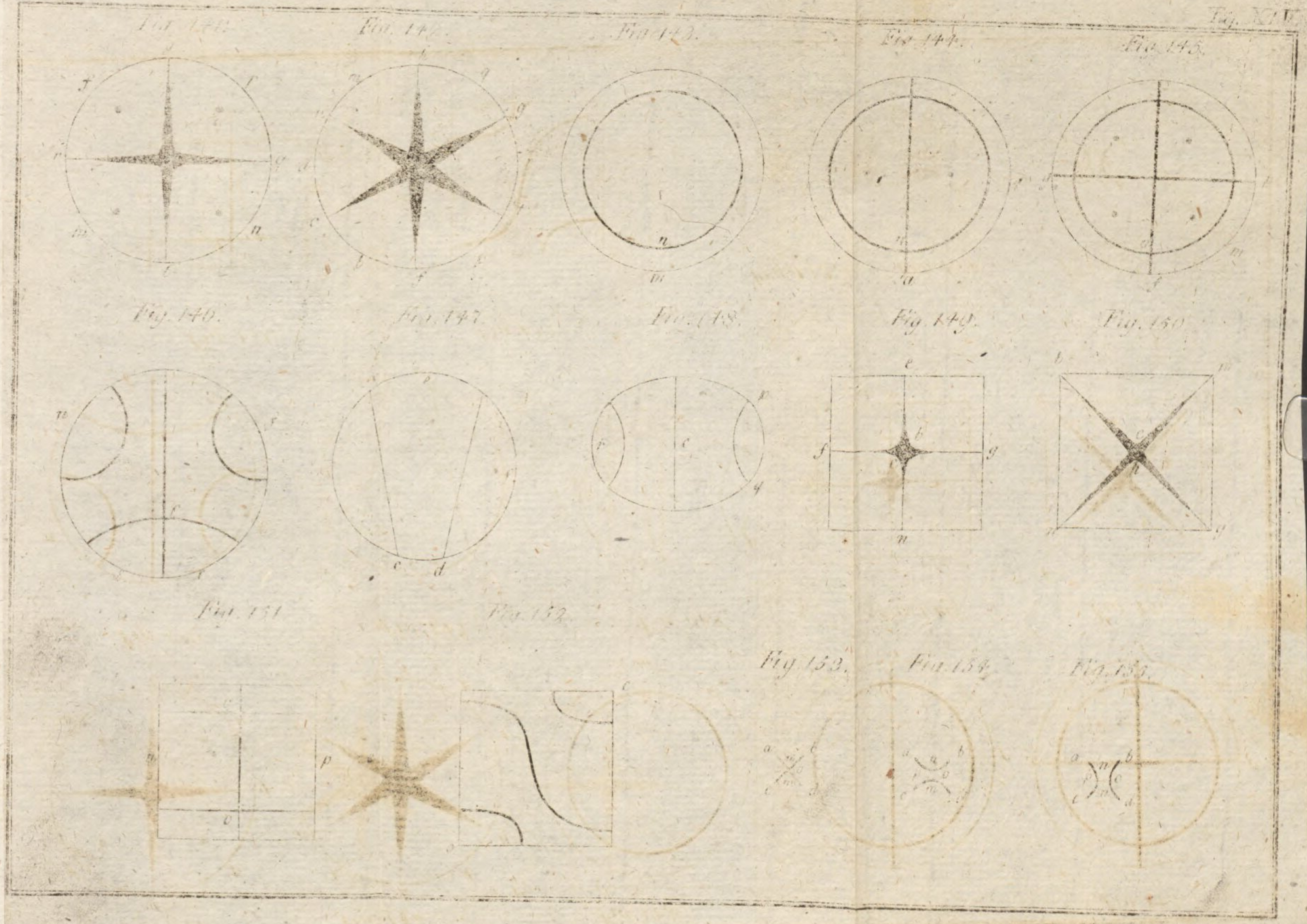


Fig. 141.
Fig. 142.
Fig. 143.
Fig. 144.
Fig. 145.
Fig. 146.
Fig. 147.
Fig. 148.
Fig. 149.
Fig. 150.
Fig. 151.
Fig. 152.
Fig. 153.
Fig. 154.
Fig. 155.

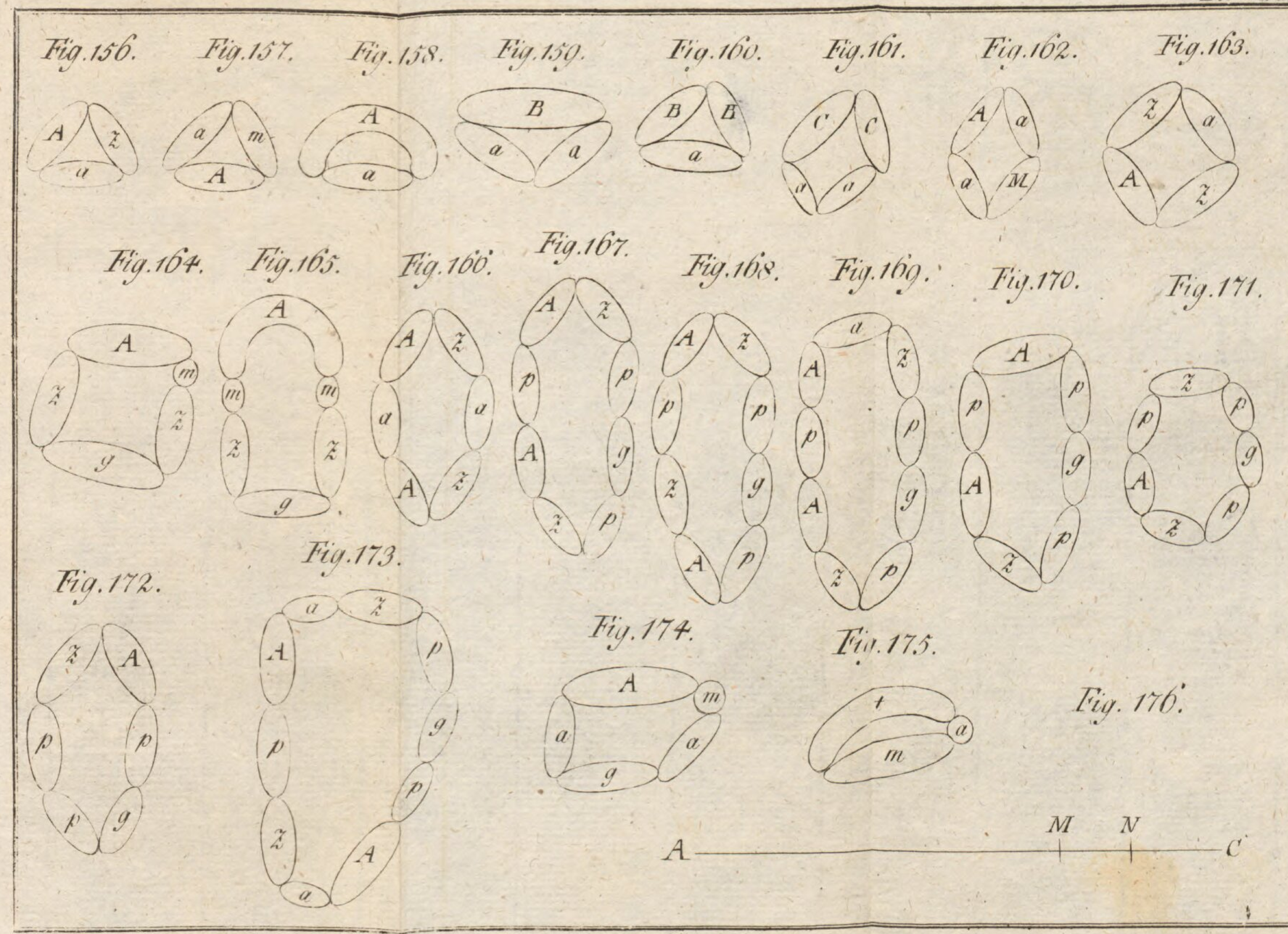


Fig. 156. A z a
Fig. 157. a m A
Fig. 158. A a
Fig. 159. B a a
Fig. 160. B B a
Fig. 161. C C a a
Fig. 162. A a a M
Fig. 163. z a A z
Fig. 164. A m z z g
Fig. 165. A m m z z g
Fig. 166. A z a a A z
Fig. 167. A z p p A g z p
Fig. 168. A z p p z g A p
Fig. 169. a A z p p A g z p
Fig. 170. A p p A g p z
Fig. 171. z p p g A p z
Fig. 172. z A p p p g
Fig. 173. a z A p p g p z A a
Fig. 174. A m a a g
Fig. 175. t a m
Fig. 176.
M N
A C

Tab. XIV.

Fig. 144.

Fig. 145.

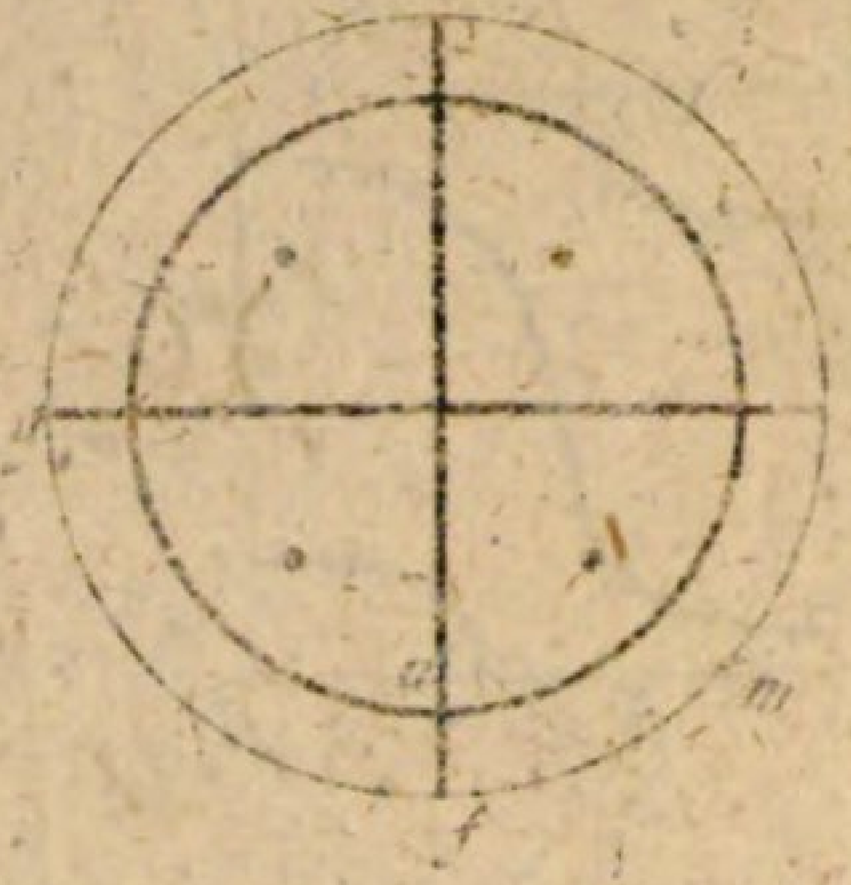


Fig. 149.

Fig. 150.

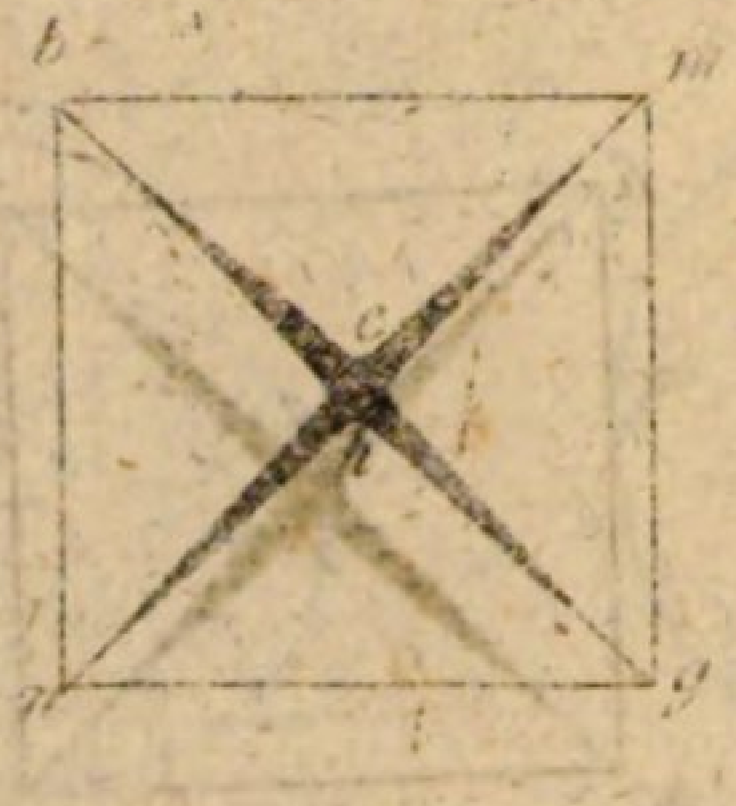


Fig. 154.

Fig. 155.

Bayerische StaatsBibliothek
Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Gren, Friedrich Albrecht Carl,

Grundriß der Naturlehre

Halle 1797

Phys.g. 147
urn:nbn:de:bvb:12-bsb10131122-0
VD18 11130350